

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra obrábění a montáže

**Návrh technologie výroby koncovky trubky**  
**Production Technology Proposal of Tube's End**

Student:  
Vedoucí diplomové práce:

Bc. Jan Malachovský  
doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.

Ostrava 2012

### **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě ...9.5.2012.....

...*Jaroslav Malachovský*.....  
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo na nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst.3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 9.5.2012.....

.....*Jan Malachovský*.....  
podpis studenta

Adresa trvalého pobytu studenta:

Květná 255  
Staré Město  
PSČ: 788 32

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

MALACHOVSKÝ, Jan. *Návrh technologie výroby koncovky trubky*. Ostrava: katedra obrábění a montáže, Fakulta strojní VŠB – Technická Univerzita Ostrava, 2012, 56 s. Diplomová práce, vedoucí: Čep, Robert.

Diplomová práce se zabývá návrhem výroby koncovky trubky s využitím CNC soustruhu. V úvodu je popsáno použití koncovky trubky, charakteristika materiálu a CNC strojů firmy NET, spol. s r.o. Na základě požadovaného výrobního množství byl navržen technologický postup (výběr stroje, navržení nástrojů, stanovení a výpočet řezných podmínek), výpočítán celkový strojní čas a celkové nákladů na výrobu.

## ANNOTATION OF MASTER THESIS

MALACHOVSKÝ, Jan. *Production Technology Proposal of Tube's End*. Ostrava: Department of machining and assembly – Faculty of mechanical engineering. VSB – Technical University of Ostrava 2012. 56 p. Diploma thesis manager: Čep, Robert.

Diploma thesis is dealing with production technology design of tube end using CNC lathe. At the beginning application of tube end, characterisation of material and CNC lathe machine of NET Ltd. company are described. Based on required fabrication quantity the technological process was designed (selection of machine, design of tools, determination and calculation of cutting conditions), total machine time and total production costs were calculated also.

# Obsah diplomové práce

Seznam použitých značek a zkratk.....	4
<b>1 ÚVOD .....</b>	<b>6</b>
<b>2 PROBLEMATIKA VÝROBY KONCOVKY TRUBKY .....</b>	<b>7</b>
2.1 CHARAKTERISTIKA PODNIKU NET, SPOL. S R.O. ....	7
2.2 VOLBA TYPOVÉHO PŘEDSTAVITELE VÝROBY .....	8
<b>3 CHARAKTERISTIKA MATERIÁLU KONCOVKY TRUBKY .....</b>	<b>10</b>
<b>4 NÁVRH TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU PRO VÝROBU KONCOVKY TRUBKY .....</b>	<b>11</b>
4.1 CNC STROJE A JEJICH VYUŽITÍ.....	11
4.2 VÝBĚR STROJE PRO NOVOU TECHNOLOGII VÝROBY KONCOVKY TRUBKY OBRÁBĚNÍM.....	12
4.3 CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH ŘEZNÝCH MATERIÁLŮ .....	14
4.4 TECHNOLOGICKÝ POSTUP PRO VÝROBU KONCOVKY TRUBKY .....	15
4.5 POPIS NAVRHOVANÝCH NÁSTROJŮ A ŘEZNÝCH MATERIÁLŮ .....	25
4.6 ŘEZNÉ PODMÍNKY .....	36
4.6.1 Výpočet řezných rychlostí a stanovení posuvů dle <i>Pramet Tools, s.r.o.</i> .....	36
4.6.2 Stanovení řezné rychlosti a posuvu dle <i>WNT Česká republika s.r.o</i> .....	38
4.6.3 Stanovení řezné rychlosti a posuvu dle <i>M&amp;V spol. s r.o.</i> .....	39
4.6.4 Výpočet řezné rychlosti a stanovení posuvu dle <i>Strojnických tabulek</i> .....	39
4.6.5 Stanovení řezné rychlosti dle <i>ANAJ Czech s.r.o.</i> .....	40
4.6.6 Výpočet řezné rychlosti a stanovení posuvu dle <i>Alba precision, spol. s.r.o.</i> .....	41
4.7 VÝPOČET JEDNOTKOVÉHO STROJNÍHO ČASU SOUSTRUHU .....	42
<b>5 TECHNICKO EKONOMICKÉ HODNOCENÍ.....</b>	<b>45</b>
5.1 VÝPOČET CELKOVÝCH NÁKLADŮ PRO VÝROBU KONCOVKY TRUBKY .....	45
5.2 VÝPOČET SMĚN PRO VÝROBU KONCOVKY TRUBKY .....	49
5.3 VYHODNOCENÍ CELKOVÝCH NÁKLADŮ NA VÝROBU .....	51
<b>6 ZÁVĚR.....</b>	<b>52</b>
<b>7 POUŽITÁ LITERATURA .....</b>	<b>54</b>
<b>8 SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>56</b>

## Seznam použitých značek a zkratek

Značka	Význam	Jednotka
$A_5 \min$	Minimální tažnost	[%]
CNC	Počítačové číslicové řízení	[-]
D	Průměr nástroje	[mm]
$D_{\max}$	Maximální průměr	[mm]
E	Modul pružnosti v tahu	[MPa]
$E_{Pr}$	Počet pracovních dnů od 1.7.2012 do 1.7.2013	[-]
$E_{SOU}$	Počet pracovních dnů soustruhu	[-]
$E_{SOUd}$	Počet pracovních dnů soustruhu na výrobní dávku	[-]
$E_{SOUr}$	Počet pracovních dnů soustruhu na roční výrobu	[-]
$E_{Ud}$	Počet dnů údržby soustruhu TL 15HE	[-]
HB	Tvrdost dle Brinela	[-]
HRC	Tvrdost dle Rockwella	[-]
$H_S$	Počet pracovních hodin za směnu	[hod]
HSS	Výkonná rychlořezná ocel (RO)	[-]
HSS Co8	Výkonná rychlořezná ocel (RO) s legujícím prvkem kobaltem	[-]
$K_v$	Součinitel obrobitelnosti	[-]
L	Celková délka nástroje	[mm]
$L_p$	Délka polotovaru	[mm]
$L_t$	Délka tyče	[mm]
L1	Délka vyložení nože	[mm]
NbC	Karbid niobu	[-]
$N_c$	Celkové náklady na výrobu	[Kč/ks]
$N_{cd}$	Celkové náklady na výrobní dávku	[Kč]
$N_{cr}$	Celkové náklady na roční výrobu	[Kč]
$N_m$	Materiálové náklady	[Kč/ks]
$N_v$	Výrobní náklady	[Kč/ks]
$R_m$	Mez pevnosti v tahu	[MPa]
$R_{p\ 0,2 \min.}$	Minimální smluvní mez v kluzu	[MPa]
S	Počet pracovních směn	[-]
SK	Slinutý karbid	[-]
$S_{SOU}$	Sazba soustruhu TL 15HE	[Kč/hod]
$S_2$	Dvousměnný provoz	[-]
TaC	Karbid tantalu	[-]
TiC	Karbid titanu	[-]
VBX	Tvrdokov	[-]
WC	Karbid wolframu	[-]
a	Šířka destičky	[mm]
$a_p$	Hloubka řezu	[mm]
$a_{p \max}$	Maximální hloubka řezu	[mm]
$a_{p \min}$	Minimální hloubka řezu	[mm]
b	Šířka držáku	[mm]
$c_t$	Cena 1 m tyče	[Kč/kg]
d	Délka vepsané kružnice	[mm]
f	Posuv	[mm]

Značka	Význam	Jednotka
$f_{ot}$	Posuv na otáčku	[mm]
$f_{ot\ max}$	Maximální posuv na otáčku	[mm]
$f_{ot\ min}$	Minimální posuv na otáčku	[mm]
$f_z$	Posuv na zub	[mm]
$h$	Výška držáku	[mm]
$h_1$	Výška od spodní plochy nože k špičce destičky	[mm]
$i$	Počet úběrů	[-]
$i_d$	Počet dávek v roce	[-]
$i_1$	Počet kusů v dávce	[ks]
$k_{p2}$	Opravný součinitel pro mez pevnosti materiálu	[-]
$k_{vHB}$	Korekční součinitel na tvrdost obrobku	[-]
$k_{vT}$	Korekční součinitel na trvanlivost břitu	[-]
$k_{vx}$	Korekční součinitel způsobu obrábění a stav stroje	[-]
$k_{v1}$	Opravný součinitel pro změněné podmínky práce	[-]
$k_{v2}$	Opravný součinitel pro materiály jiné obrobitelnosti	[-]
$l$	Délka pracovní části nástroje	[mm]
$(l)$	Délka řezné hrany	[mm]
$l_k$	Přídavek na upnutí	[mm]
$l_s$	Délka součásti	[mm]
$l_u$	Přídavek na upíchnutí	[mm]
$l_l$	Celková délka	[mm]
$m$	Hmotnost polotovaru	[kg/ks]
$m_c$	Celková hmotnost tyčí	[t]
$m_t$	Hmotnost tyče	[kg/m]
$n$	Počet otáček obrobku	[min <sup>-1</sup> ]
$n_k$	Počet vyrobených kusů z jedné tyče	[ks]
$n_{SOU}$	Počet vyrobených kusů na soustruhu	[ks]
$n_{SOUS}$	Počet vyrobených kusů na soustruhu za směnu	[ks]
$n_t$	Celkový počet tyčí	[-]
$p_l$	Přídavek na čelo	[mm]
$r_e$	Rádus	[mm]
$t_{As}$	Jednotkový strojní čas	[min]
$t_{ASSOU}$	Jednotkový strojní čas soustruhu	[min]
$t_{ASSOUI}$	Jednotkový strojní času soustruhu úsek 1.3, poloha nástroje úseku 1.4.	[min]
$t_v$	Jednotkový vedlejší strojní čas	[min]
$t_{v1}$	Jednotkový vedlejší strojní čas vyjetí do polohy pro úsek 1.4	[min]
$v_c$	Řezná rychlost	[m/min]
$v_f$	Rychlost posuvu	[m/min]
$v_l$	Rychlost rychloposuvu soustruhu TL 15HE	[mm/min]
$v_{15}$	Tabulková řezná rychlost TL	[m/min]
$z$	Počet břitů frézy	[-]
$\chi$	Úhel nastavení hlavního ostří	[°]
$\lambda$	Úhel sklonu ostří	[°]

# 1 Úvod

Nasazení číslíkově řízených strojů přináší nejen zvýšení produktivity práce, ale i opakované přesnosti a možnosti obrábění tvarově složitých a v mnohých případech standardními technologiemi nevyrobitelných součástí. Již ve většině strojírenských podniků jsou tyto stroje standardním vybavením.

V dnešní době jsou využívány integrované technologie a nové progresivní materiály umožňující obrábět za podmínek příznivějších pro uživatele. Zlepšení řízení a konstrukce stroje lze zvyšovat parametry samotného obráběcího cyklu. Tyto změny přinášejí zkrácení času celkové výroby dané součásti a tedy rychlejší návratnost finančních investic.

Obsah této práce je zaměřen na problematiku výroby strojní součásti – koncovka trubky, z hlediska technologie a úspory časové i finanční. Úvodem je popsána charakteristika koncovky trubky a vlastností použitého materiálu. Dále je uveden návrh technologického postupu pro výrobu (výběr stroje, návržení nových nástrojů, stanovení a výpočet řezných podmínek) a celkového strojního času potřebného pro výrobu koncovky. V závěru je provedeno technicko ekonomické hodnocení nákladů na jednu koncovku, dávku a roční výrobu.



## 2 Problematika výroby koncovky trubky

### 2.1 *Charakteristika podniku NET, spol. s r.o.*

Společnost NET spol. s r.o. působí na trhu od roku 1991, kdy byla založena Ing. Bořivojem Chytkou a Ing. Ivanem Wolfem. Její sídlo leží ve Starém Městě v centru půvabné horské kotliny pod Králickým Sněžníkem.

V produkci je firmou využívána technologie objemového tváření za studena, závitování a obrábění. Realizuje výroby dílů, nástrojů či strojních součástí z ocelí tříd 11, 12, 14, 17 a 19 i dalších materiálů. Výrobky nachází široké uplatnění především pro společnosti působící ve stavebnictví (dvoucestné rozvory, dveřní zástrčky, tyče k rozvorám), automobilovém průmyslu (kulové čepy, excentrické čepy, pastorky, duté kolíky, šrouby M4 – M25), elektrotechnickém průmyslu (elektrotechnická jádra, sušící pece na elektrody) viz. obr. 2.1.1 [1].

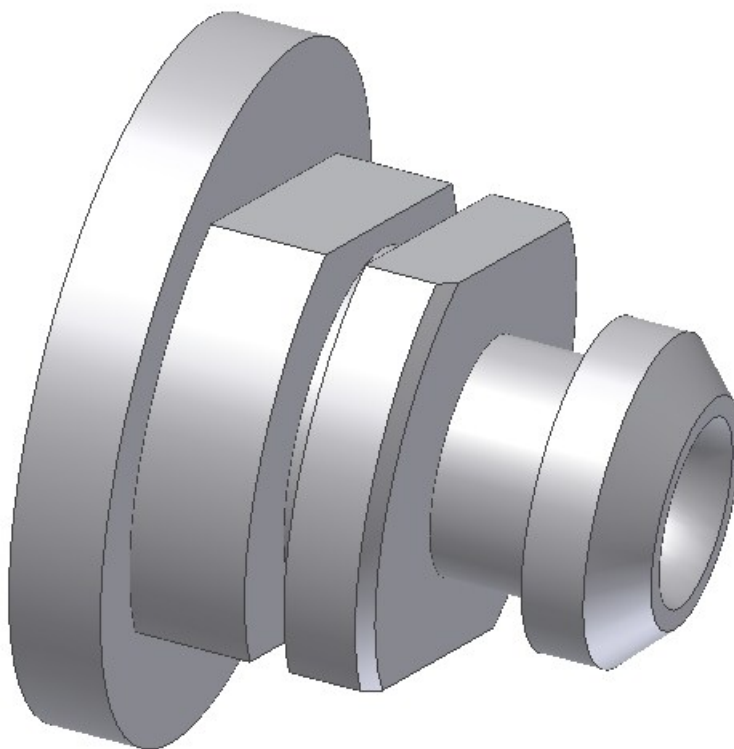
K nejvýznamnějším obchodním partnerům patří: Brano a.s., Hradec nad Moravicí, Magneton a.s., Kroměříž, Oez s r.o., Letohrad, Metalcom a.s., Kutná Hora, Latos v.o.s., Prostějov, Tokoz a.s., Ždár nad Sázavou [1].



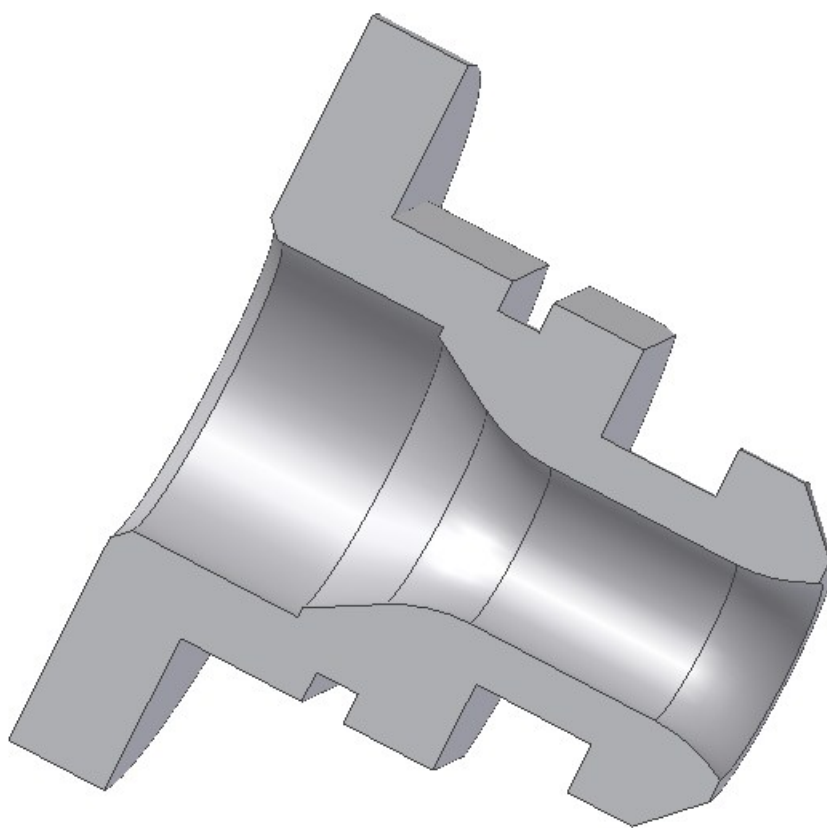
Obr. 2.1.1. Výrobky

## **2.2 Volba typového představitele výroby**

Volba typového představitele pro tuto diplomovou práci vyšla z výrobního programu firmy NET, spol. s r.o. Byla zvolena koncovka trubky, která se používá pro spojení hadice s motorem automobilu. Požadované výrobní množství 100 000 ks/rok. Materiál koncovky 11SMn30+C. Na základě výkresu koncovky trubky (číslo výkresu A4-035-001), který je uveden v příloze č.1 byl vytvořen v programu AUTODESK INVENTOR 9 3D model koncovky viz. obr. 2.2.1 a řez viz. obr. 2.2.2.



Obr. 2.2.1. Model koncovky



Obr. 2.2.2. Řez modelu koncovky

### 3 Charakteristika materiálu koncovky trubky

Materiál 11SMn30 je označen dle EN 10027-1, ekvivalentnímu značení dle ČSN odpovídá 11 109. Jedná se o automatovou ocel, která patří do skupiny nelegovaných s dobrou obrobiteľností, ale velmi špatnou tvařitelností za studena. Je používána pro součásti v automobilovém průmyslu, hydraulické koncovky, spojky a spojovací součásti (matice, šrouby, závitové tyče) [2]. Součinitel obrobiteľnosti  $K_v$  je 15b a modul pružnosti v tahu  $E 206 \cdot 10^3$  MPa [3].

#### Chemické složení oceli 11SMn30

Uhlík mění vlastnosti oceli a ovlivňuje jejich výslednou strukturu. Fosfor zvyšuje pevnost, síra zhoršuje plastické vlastnosti [4]. Chemické složení oceli 11SMn30 s hmotnostními obsahy chemických prvků je uvedeno viz. tab. 3.1.

Tab. 3.1. Chemické složení oceli 11SMn30 [5]

Chemický prvek	C	Mn	Si	P	S
Hmotnostní obsah [%]	$\leq 0,14$	$0,9 \div 1,3$	$\leq 0,05$	$\max. 0,11$	$0,27 \div 0,33$

#### Mechanické vlastnosti oceli 11SMn30+C

Základní mechanické vlastnosti oceli 11SMn30+C jsou uvedeny viz. tab. 3.2.

Tab. 3.2. Vlastnosti oceli 11SMn30+C [5]

Mez pevnosti $R_m$ [MPa]	510÷810
Smluvní mez kluzu $R_{p0,2 \min.}$ [MPa]	440
Tažnost $A_5 \min.$ [%]	6

## 4 Návrh technologického postupu pro výrobu koncovky trubky

V této kapitole se budu zabývat výběrem stroje a návrhem technologického postupu výroby obráběním (návrh nástrojů, stanovení a výpočet řezných podmínek, výpočet otáček a strojních časů).

### 4.1 CNC stroje a jejich využití

CNC je zkratkou anglického Computer Numerical Control, které znamená počítačem řízený stroj [6]. Obráběcí stroj využívá CNC řídicí systém k tomu, aby dokázal obrábět výrobek dle předem připraveného NC programu. NC program je tvořen z vět. Každá věta má své pořadové číslo, je složena ze slov, slovo z adresy a významové části viz. př. 4.1.1 [7].

N10 G00 X30 Y-40 Z50  
Př. 4.1.1. Věta NC programu [7]

N10.....	pořadové číslo
G00,X30,Y-40,Z50.....	slova
G,X,Y,Z.....	adresy
00,30,-40,50.....	konkrétní adresy

Program může být psán přímo na stroji nebo v jakémkoliv textovém editoru na počítači a přenesen do CNC řídicího systému. K přenosu lze využívat různé způsoby, nejrozšířenější je přenos využívající port počítače RS 232 nebo USB [6].

#### **Rozdělení CNC strojů:**

- a) jednoprofesní (soustruhy, frézky, brusky),
- b) víceprofesní (obráběcí centra) [8].

V dnešní době toto rozdělení není plně určující, protože i na CNC soustruzích můžeme vyrobit výrobky u kterých jsou některé plochy nerotačního tvaru.

#### **Výhody CNC strojů:**

- produktivnější a hospodárnější výroba,
- vícestrojová obsluha – méně pracovních sil,
- vyšší přesnost výroby,
- zkrácení průběžné doby výroby,
- lepší využití životnosti nástroje [8].

#### **Nevýhody CNC strojů:**

- vyšší pořizovací cena,
- vyšší nároky na technologickou přípravu výroby [8].

### **4.2 Výběr stroje pro novou technologii výroby koncovky trubky obráběním**

Při výběru vhodného obráběcího stroje pro navrženou technologii musel být brán v úvahu strojový park firmy NET, spol. s r.o. Firma disponuje dvěma stroji pro obrábění a to soustruhy TL 15HE s CNC řízením. Tyto soustruhy se liší podavačem tyčí. První soustruh TL 15HE má podavač Boss, který podává tyče dlouhé 3 metry s automatickým zásobníkem. Druhý soustruh TL 15HE má podavač Maxis, pro tyče dlouhé 1 metr bez automatického zásobníku. Pro výrobu koncovky trubky byl vybrán soustruh TL 15HE s podavačem Boss viz. obr. 4.2.1, protože pro výrobu budou použity tyče dlouhé 3 metry .



Obr. 4.2.1. Soustruh TL 15HE s podavačem Boss

### Charakteristika stroje TL 15HE

Jedná se o soustruh s CNC řízením, který je vybaven C – osou, může vrtat otvory kolmé na osu vřetene. Je určen pro obrábění součástí hřídelového i přírubového charakteru. Soustruh je dále vybaven protivřetenem umožňující obrábění oboustranných dílů v jednom úkonu [9].

### Základní technické parametry stroje TL 15HE

Základní technické parametry jsou uvedeny viz. tab. 4.2.1.

Tab. 4.2.1. Základní parametry stroje TL 15HE [9]

Výkon vřetene [kW]	14,9
Otáčky vřetene [ $\text{min}^{-1}$ ]	5000
Standartní průchod pro tyč [mm]	51
Vzdálenost mezi hroty [mm]	323
Max. průměr obrábění [mm]	208
Max. řezná délka [mm]	445
Protivřeteno	
Průchod pro tyč [mm]	30
Výkon protivřetene[kW]	6
Otáčky protivřetena [ $\text{min}^{-1}$ ]	4000

### **4.3 Charakteristika vybraných řezných materiálů**

Pro výrobu byly navrženy nástroje s břitovými destičkami ze slinutého karbidu a z rychlořezné oceli.

#### **Charakteristika slinutého karbidu**

Slinuté karbidy (SK) jsou v současné době nejrozšířenějším materiálem pro obrábění kovů. SK jsou produktem práškové metalurgie. Mezi nejdůležitější materiály pro výrobu SK patří karbid wolframu (WC), karbid tantalu (TaC) a karbid niobu (NbC). Jako pojivo se ve většině případů používá kobalt (Co) [10].

#### **Výroba slinutého karbidu**

Technologie výroby slinutých má přímý vliv na jejich kvalitu a výkonnost. Podstatou výroby je lisování směsi prášku tvrdých karbidických částic práškem pojivého kovu a následně slinování při teplotě blízké bodu tavení pojiva [11]. Homogenní složení a tolerance obsahu jednotlivých složek musí být v procesu výroby přesně řízené a kontrolované [11].

#### **Klasifikace slinutých karbidů**

Současné nepovlakované slinuté karbidy jsou podle ČSN ISO 513 označovány symbolem HW a HF. Povlakované SK jsou označovány symbolem HC [12]. Podle velikosti zrna se SK rozdělují na hrubé (velikost zrna okolo 7,8  $\mu\text{m}$ ), střední (průměrná velikost zrna 2,8  $\mu\text{m}$ ) a jemnozrná (velikost zrna okolo 1,5  $\mu\text{m}$  a méně) [12]. Jemnozrné slinuté karbidy se zrnitostí pod 1  $\mu\text{m}$  se rozdělují na jemné, ultrajemné a někdy na superjemné se zrnitostí pod 0,4  $\mu\text{m}$  (tzv. nanokrystalický slinutý karbid). Podle použití jsou SK rozděleny do následujících 6 skupin [13].

- K – je označováno červenou barvou. Je určena pro materiály, které vytváří krátkou, drobnou třísku, zejména pro šedé litiny a nekovové materiály [14]. Řezné síly jsou obvykle relativně nízké a převládá abrazivní a adhézní opotřebení [14]. Jedinou tvrdou strukturní složkou této skupiny tvoří karbid wolframu.

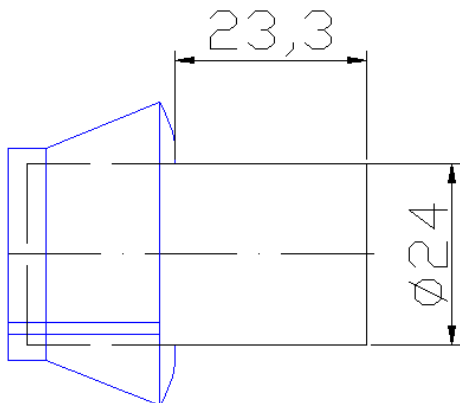
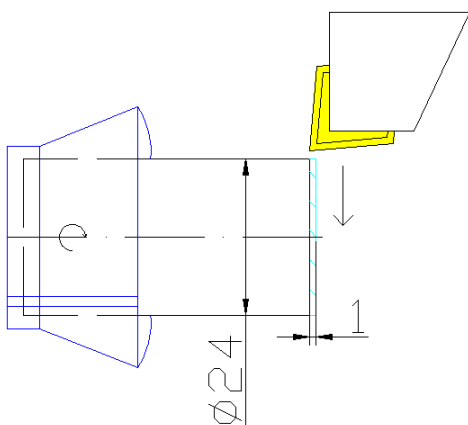


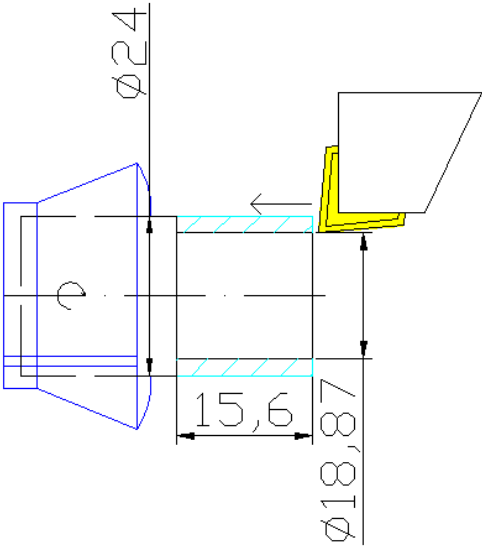
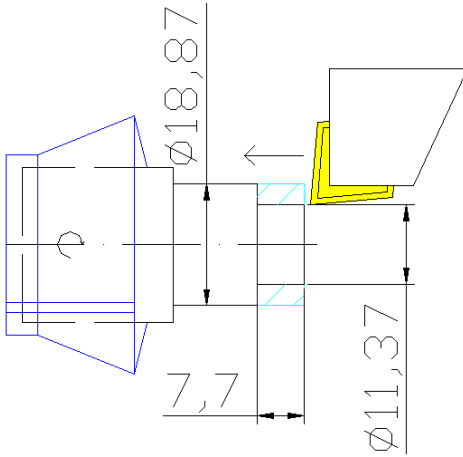
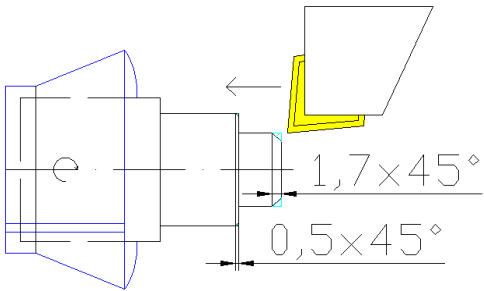
- P – je označováno modrou barvou. Je určen k obrábění kovových železných materiálů tvořící dlouhou třísku (uhlíkové oceli, slitinové oceli, feritické a martenzitické korozivzdorné oceli). V procesu řezání vznikají obvykle vysoké řezné síly a opotřebení na čele (výmol) [14]. Tato skupina materiálů obsahuje kromě WC velké množství TiC a TaC, které zvyšují odolnost proti difúzi za vysokých teplot a má vyšší tvrdost než WC [14].
- M – je označováno žlutou barvou . Tato skupina je určena pro obrábění materiálů, které tvoří dlouhou a střední třísku, jako jsou lité oceli, austenitické korozivzdorné oceli a tvárné litiny [14]. Řezné síly dosahují středních až vysokých hodnot, dochází k vydrolování ostří [14].
- N – je označováno zelenou barvou. Tato skupina je vhodná pro obrábění neželezných slitin na bázi hliníku, hořčíku, mědi, pro obrábění plastů, kompozitů, dřeva [13].
- S – je označováno hnědou barvou. Po obrábění slitin titanu a žárovevých slitin na bázi niklu, kobaltu nebo železa [13].
- H – je označováno tmavošedou barvou. Tato skupina je určena pro obrábění zušlechťených ocelí (s pevností nad 1500 MPa), kalených ocelí (HRC 48 až 60) a obrábění tvrzených litin [13].

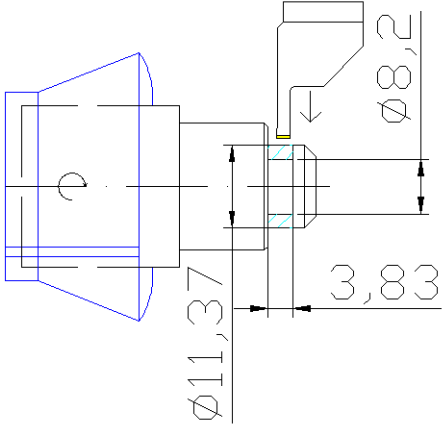
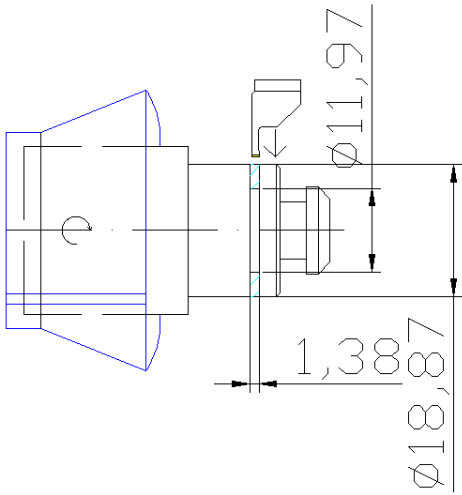
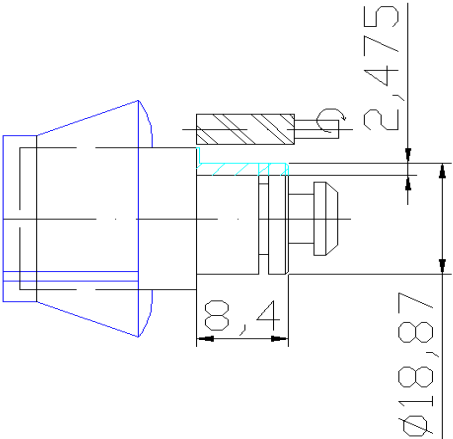
#### **4.4 Technologický postup pro výrobu koncovky trubky**

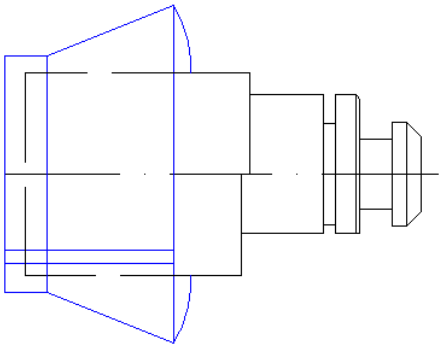
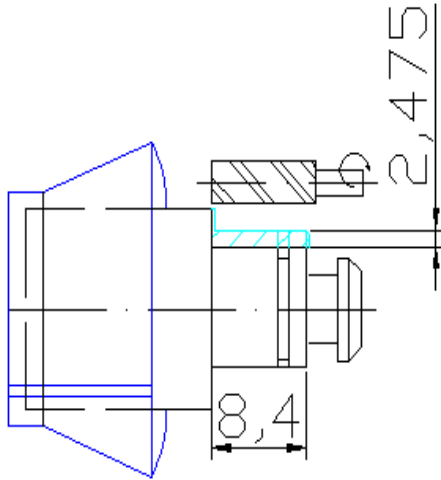
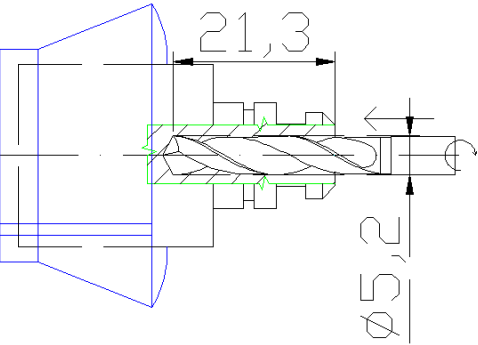
Firma NET, spol. s r.o. ve své výrobě nepoužívá formulář na technologický postup výroby součástek. Součástí diplomové práce bylo vytvoření tohoto formuláře viz. tab. 4.4.1 a zapsání technologického postupu v něm. Formulář bude dál firma používat pro zapisování technologických postupů na výrobu součástek.

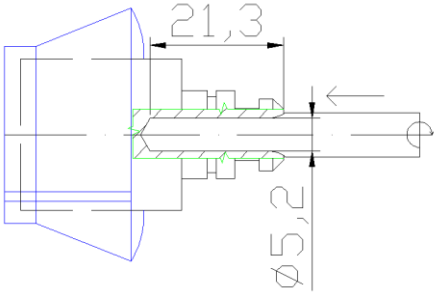
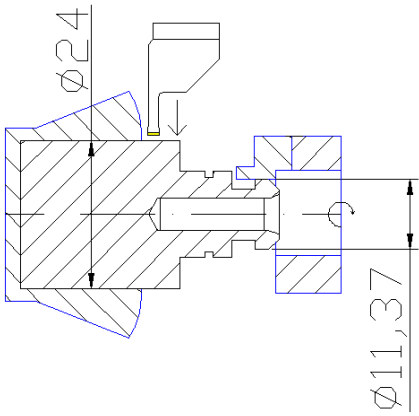
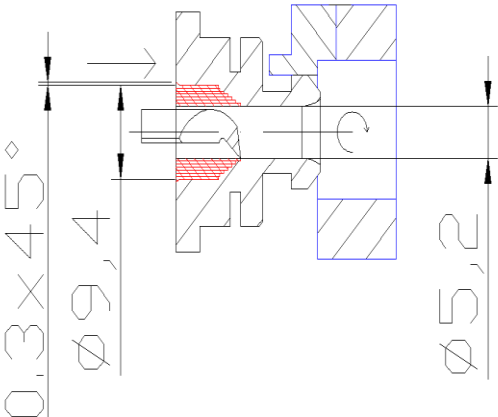
Tab. 4.4.1. Technologický postup pro výrobu koncovky trubky

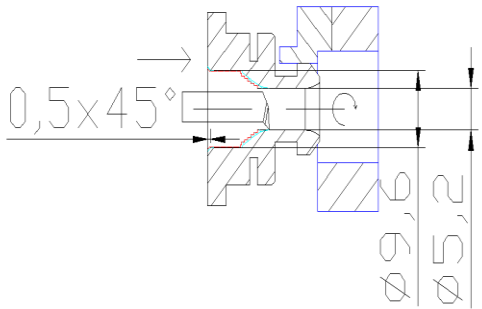
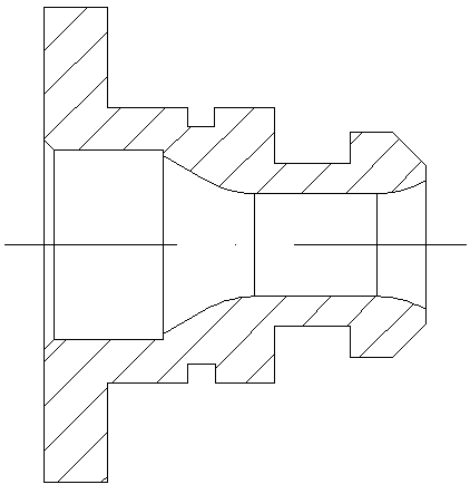
Technologický postup		Čistá hmotnost: 0,0233 kg	Číslo výkresu: A4-035-001					
Vyhotovil: Jan Malachovský	Rozměr polotovaru: Ø 24h11		Materiál: 11SMn30+C	Výrobní dávka: 25 000ks				
POPIS PRÁCE VYOBRAZENÍ			Stroj, nástroje, pomůcky, měřidla		$f$ [mm]	$a_p$ [mm]	$i$	$v_c$ [m/min <sup>1</sup> ]
1.1 Upnutí do kleštiny Ø 24 mm s vyložení l = 23,3 mm. 								
1.2 Odebrání čela. 			TL 15HE PCLNR 2525 M 12		0,15	1	1	282

<p>1.3 Soustružení na čisto z <math>\varnothing 24</math> mm na <math>\varnothing 18,87</math> mm do délky <math>l = 15,6</math> mm.</p> 	PCLNR 2525 M 12	0,2	2,565	1	252
<p>1.4 Soustružení na čisto z <math>\varnothing 18,87</math> mm na <math>\varnothing 11,37</math> mm do délky <math>l = 7,7</math> mm.</p> 	PCLNR 2525 M 12	0,2	3,75	1	247
<p>1.5 Zkosení hrany <math>1,7 \times 45^\circ</math> mm a <math>0,5 \times 45^\circ</math> mm.</p> 	PCLNR 2525 M 12	0,15	0,5	1	282

<p>1.6 Soustružení zápichu na čisto šířky 3,83 mm do hloubky 1,585 mm.</p> 	GFIR 2525 M 02	0,1	1,585	2	166
<p>1.7 Soustružení zápichu na čisto šířky 1,38 mm do hloubky 3,45 mm.</p> 	MC 05 R-2525M	0,07	3,45	2	175
<p>1.8 Frézování na čisto Ø 18,87 mm do hloubky 2,475 mm na délce l = 8,4 mm.</p> 	ISO 1641	0,063	2,475	1	39

<p>1.9 Otočení obrobku</p> 					
<p>1.10 Frézování na čisto <math>\varnothing 18,87</math> mm do hloubky 2,475 mm na délce <math>l = 8,4</math> mm.</p> 	ISO 1641	0,063	2,475	1	39
<p>1.12 Vrtání otvoru <math>\varnothing 5,2</math> mm do délky <math>l = 21,3</math> mm i se zaoblením R 5 mm.</p> 	ČSN 22 1121	0,08	2,6	1	50

<p>1.12 Vrtání otvoru <math>\varnothing 5,2</math> mm do délky <math>l = 21,3</math> mm i se zaoblením R 5 mm.</p> 	<p>Speciální vrtací nástroj T52</p>	<p>0,08</p>	<p>2,6</p>	<p>1</p>	<p>50</p>
<p>1.13 Upíchnutí na čisto šířka 2 mm a upnutí za <math>\varnothing 11,37</math> mm do sklíčidla pomocí protivřetene.</p> 	<p>GFIR 2525 M 02</p>	<p>0,1</p>	<p>12</p>	<p>1</p>	<p>166</p>
<p>1.14 Hrubování z <math>\varnothing 5,2</math> mm na <math>\varnothing 9,4</math> mm a sražení hrany <math>0,3 \times 45^\circ</math> mm.</p> 	<p>MC552BC R20 L16R</p>	<p>0,04</p>	<p>0,3</p>	<p>7</p>	<p>58</p>

<p>1.15 Na čisto profil z <math>\varnothing</math> 5,2 mm na <math>\varnothing</math> 9,6 mm a zkosení hrany 0,5x45° mm.</p> 	MC552CL R20 L16R	0,04	0,3	1	62
<p>Hotový výrobek</p> 					

Pozn. U tech. postupu bude kontrolován první a každý 300 kus pomocí posuvného měřítka.

Všechny kusy mazány v oleji a uskladněny v paletách.

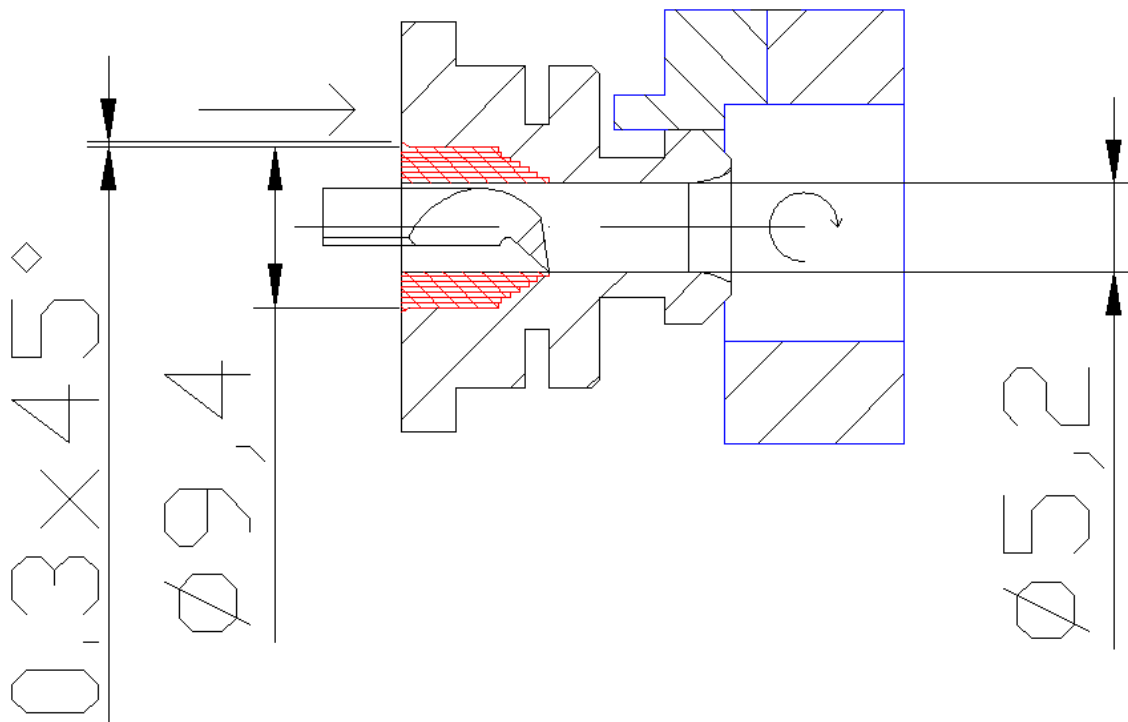
Označení barev v technologickém postupu:

— světle modrá označuje obrábění na čisto,

— červená označuje obrábění hrubováním,

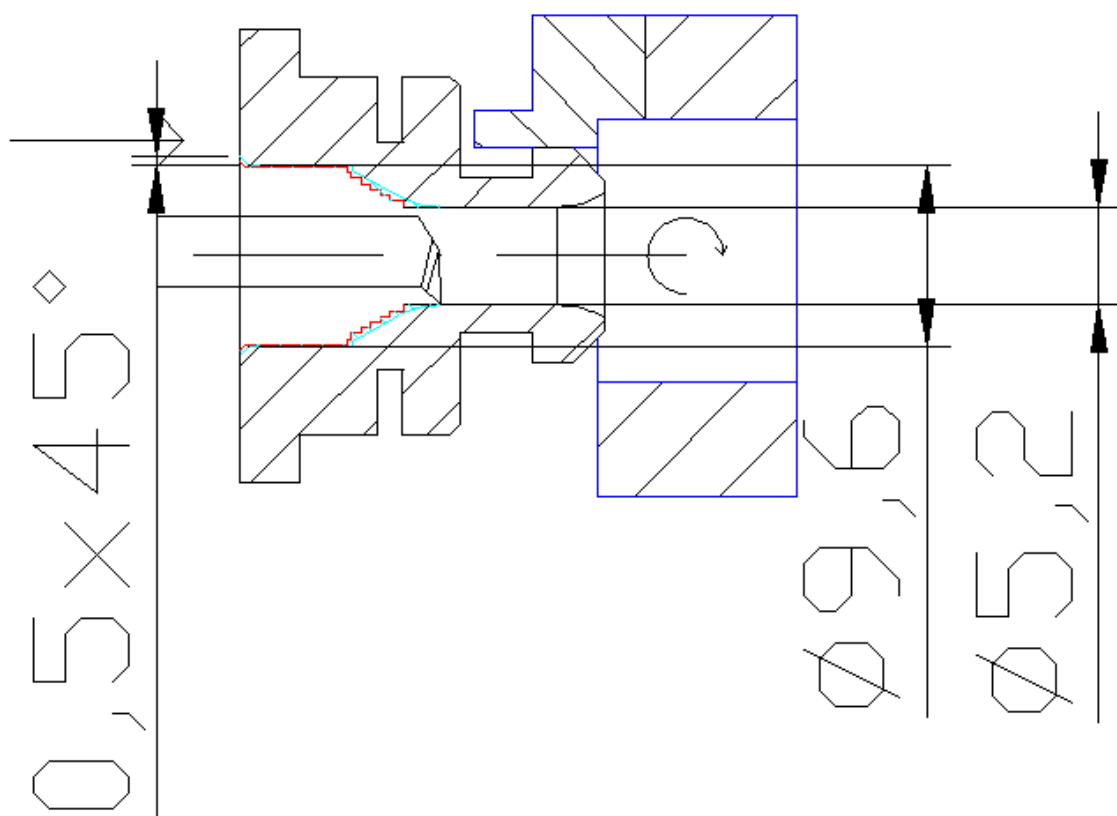
— modrá označuje upínací prvky.

Pro lepší přehlednost byly obrázky u úseků 1.13 a 1.14, technologický postup viz. tab. 4.4.1 nakresleny ve zvětšení viz. obr. 4.4.1 a obr. 4.4.2.



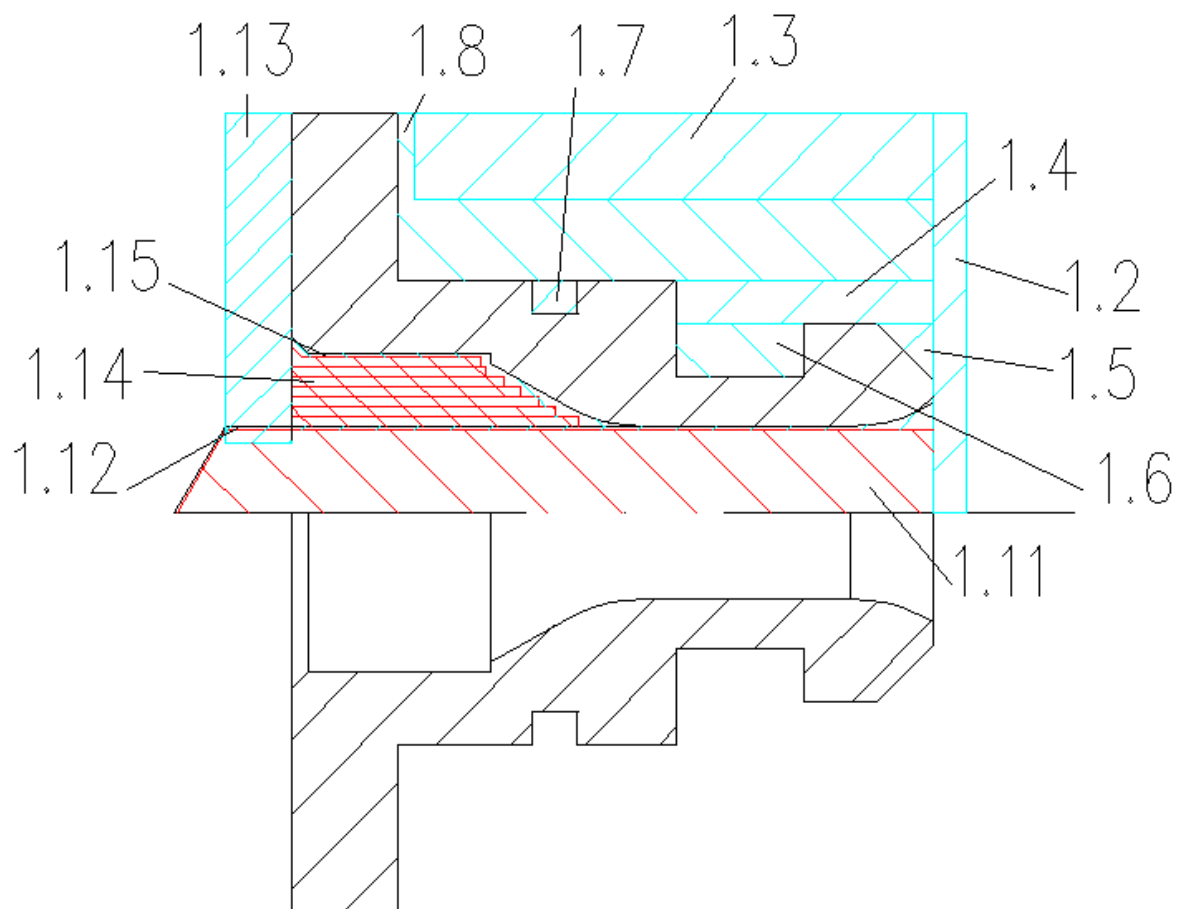
Obr. 4.4.1. Hrubování z  $\varnothing 5,2$  mm na  $\varnothing 9,4$  mm a sražení hrany 0,3x45° mm





Obr. 4.4.2. Na čisto profil z  $\varnothing 5,2$  mm na  $\varnothing 9,6$  mm a zkosení hrany 0,5x45° mm

Na obr. 4.4.3 byl nakreslen celkový úběr třísky pro výrobu jedné koncovky trubky. Číslice označují úseky z technologického postupu viz. tab. 4.4.1.



Obr.4.4.3. Celkový úběr třísky jedné koncovky trubky

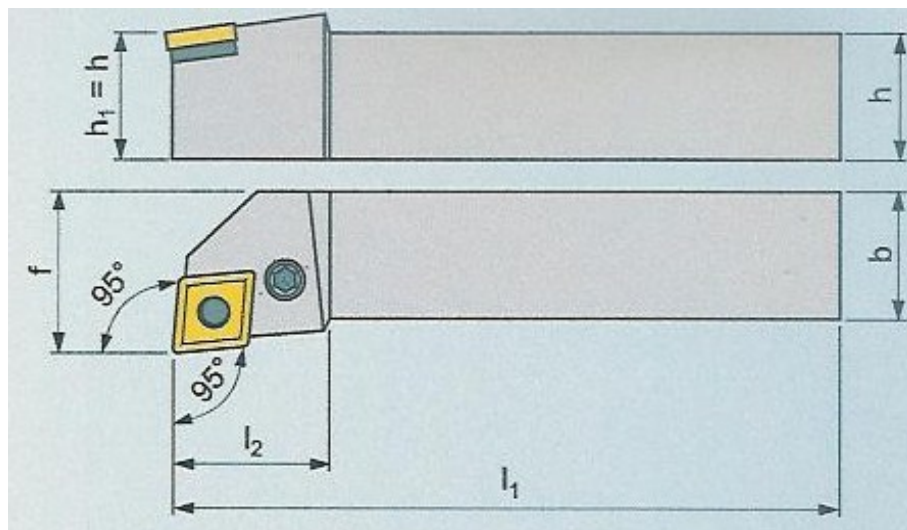
Označení barev:

- světle modrá označuje obrábění na čisto,
- červená označuje obrábění hrubováním.

## 4.5 Popis navrhovaných nástrojů a řezných materiálů

### Popis nástroje (PCLNR 2525 M12)

Pro podélné a čelní soustružení viz. úseky 1.2 ÷ 1.5, technologický postup tab. 4.4.1 byl navržen vnější soustružnický nůž PCLNR 2525 M 12 s vyměnitelnou břitovou destičkou CNMG 120408 E-M viz. obr. 4.5.1 od společnosti Pramet Tools, s.r.o.



Obr. 4.5.1. Soustružnický nůž PCLNR 2525 M 12 [15]

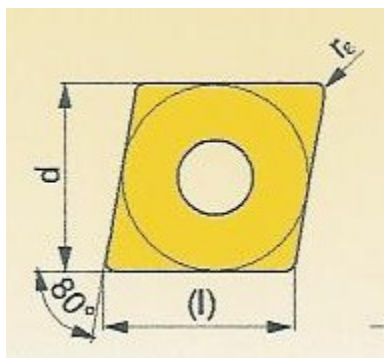
Technické parametry nože viz. tab. 4.5.1.

Tab. 4.5.1. Technické parametry nože PCLNR 2525 M 12 [15]

h výška držáku [mm]	h <sub>1</sub> výška od spodní plochy nože k špičce destičky [mm]	b šířka držáku [mm]	l <sub>1</sub> celková délka [mm]	f šířka nože [mm]
25	25	25	150	32

### Popis řezného materiálu (CNMG 120408 E-M)

Vyměnitelná břitová destička CNMG 120408 E-M viz obr. 4.5.2 se používá pro dokončovací a hrubovací soustružení v kontinuálním řezu (vyšší a střední řezné rychlosti), zejména pro obráběné materiály skupiny P a M, dále se používá i pro skupinu K a podmíněně i S. Je vyrobena z materiálu 9230. Tento materiál je neuniverzálnější nové generace [15].



Obr. 4.5.2. Destička CNMG 120408 E-M [15]

Technické parametry destičky viz. tab. 4.5.2.

Tab. 4.5.2. Technické parametry destičky CNMG 120408 E-M [15]

$r_e$ rádius [mm]	$d$ délka vepsané kružnice [mm]	$(l)$ délka řezné hrany [mm]
0,8	12,7	12,9

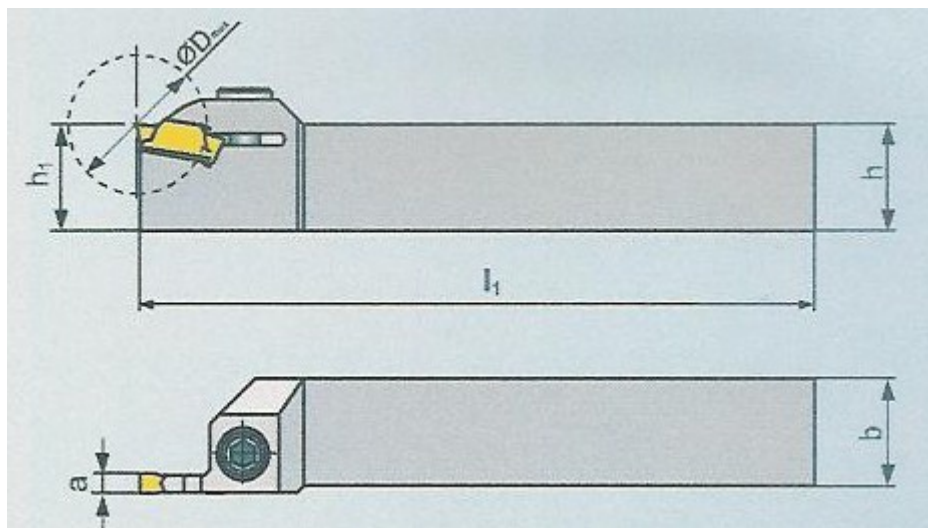
Strojírenské parametry destičky viz. tab. 4.5.3.

Tab. 4.5.3. Strojírenské parametry destičky CNMG 120408 E-M [15]

$f_{ot \min}$ min. posuv na otáčku [mm]	$f_{ot \max}$ max. posuv na otáčku [mm]	$a_{p \min}$ min. hloubka řezu [mm]	$a_{p \max}$ max. hloubka řezu [mm]
0,15	0,6	1	6

### Popis nástroje (GFIR 2525 M 02)

Pro soustružení zápichu a upíchnutí viz. úseky 1.6 a 1.12, technologický postup tab. 4.4.1 byl navržen vnější soustružnický nůž GFIR 2525 M 02 s vyměnitelnou břitovou destičkou LCMF 022002-M2 viz. obr. 4.5.3 od společnosti Pramet Tools, s.r.o.



Obr. 4.5.3. Soustružnický nůž GFIR 2525 M 02 [15]

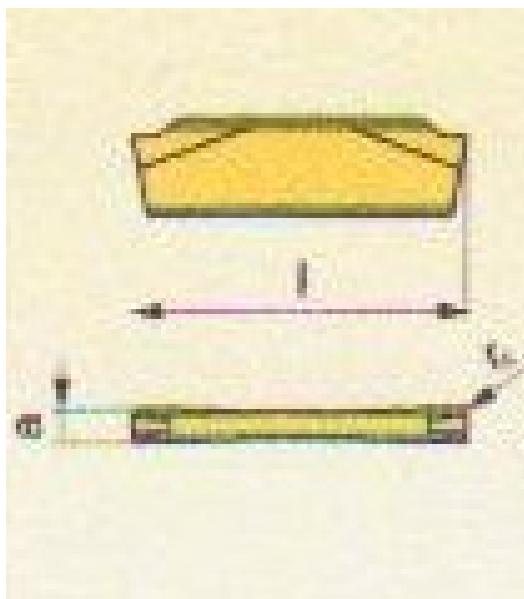
Technické parametry nože viz. tab. 4.5.4.

Tab. 4.5.4. Technické parametry nože GFIR 2525 M 02 [15]

h výška držáku [mm]	h <sub>1</sub> výška od spodní plochy nože k špičce destičky [mm]	b šířka držáku [mm]	l <sub>1</sub> celková délka [mm]	a šířka destičky [mm]	D <sub>max</sub> maximální průměr [mm]
25	25	25	150	2	18

### Popis řezného materiálu (LCMF 022002-M2)

Vyměnitelná břitová destička LCMF 022002-M2 viz. obr. 4.5.4 se používá pro upichování, zapichování a to v kontinuálním, ale i mírně přerušovaném řezu. Hlavní oblast použití je pro obráběné materiály skupiny P, K, M a podmíněná oblast S a H. Destička je vyrobena z materiálu 3025. Tento materiál má snížené vnitřní pnutí v povlaku při zvýšené tvrdosti. Zmenšené vrubové opotřebení na hlavním břitu a dobrou provozní spolehlivost [15].



Obr. 4.5.4. Destička LCMF 022002-M2 [15]

Technické parametry destičky viz. tab. 4.5.5.

Tab. 4.5.5. Technické parametry destičky LCMF 022002-M2 [15]

$r_\varepsilon$ rádius [mm]	a šířka destičky [mm]	(l) délka řezné hrany [mm]
0,2	2	19,50

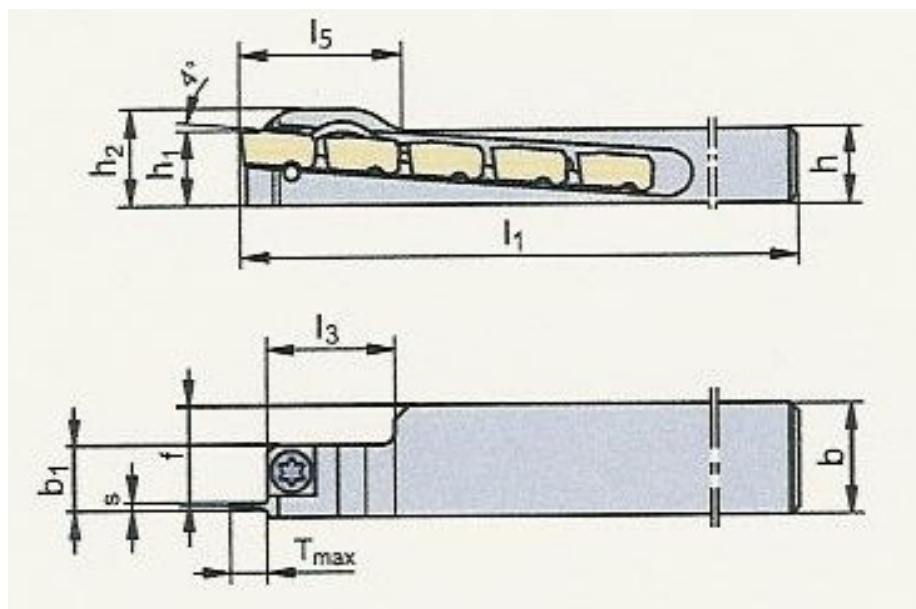
Strojírenské parametry destičky viz. tab. 4.5.6.

Tab. 4.5.6. Strojírenské parametry destičky LCMF 02002-M2 [15]

$f_{ot \min}$ min. posuv na otáčku [mm]	$f_{ot \max}$ max. posuv na otáčku [mm]	$a_{p \min}$ min. hloubka řezu [mm]	$a_{p \max}$ max. hloubka řezu [mm]
0,08	0,20	0,20	2

### Popis nástroje (MC 05 R-2525M)

Pro soustružení zápichu viz. úsek 1.7, technologický postup tab. 4.4.1 byl navržen vnější soustružnický nůž MC 05 R-2525M viz. obr. 4.5.5 s vyměnitelnou břitovou destičkou MC 05-5-1.00 L07-F2 od společnosti WNT Česká republika s.r.o.



Obr. 4.5.5. Soustružnický nůž MC 05 R-2525M [16]

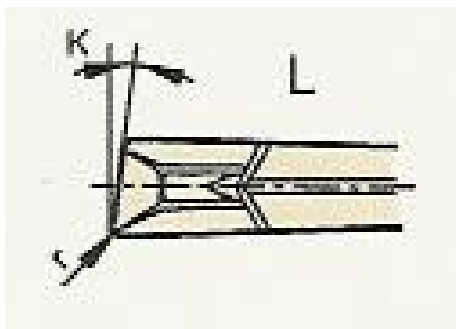
Technické parametry nože viz. tab. 4.5.7.

Tab. 4.5.7. Technické parametry nože MC 05 R-2525M [16]

h výška držáku [mm]	h <sub>1</sub> výška od spodní plochy nože k špičce destičky [mm]	b šířka držáku [mm]	l <sub>1</sub> celková délka [mm]	s šířka destičky [mm]
25	25	25	150	1

### Popis řezného materiálu (MC 05-5-1.00 L07-F2)

Vyměnitelná břitová destička MC 05-5-1.00 L07-F2 viz. obr. 4.5.6 se používá pro upichování, zapichování a to v kontinuálním, ale i přerušovaném řezu. Oblast použití je pro obráběný materiál ocel. Destička je vyrobena z tvrdokovu  $Al_2O_3$  - s povlakem. Tento materiál patří do vysoce výkonné sorty upichování a zapichování [16].



Obr. 4.5.6. Destička MC 05-5-1.00 L07-F2 [16]

Technické parametry destičky viz. tab. 4.5.8.

Tab. 4.5.8. Technické parametry destičky MC 05-5-1.00 L07-F2 [16]

r	s	$\chi$
rádus [mm]	šířka destičky [mm]	úhel nastavení hlavního ostří [°]
0,1	1	7

Strojírenské parametry destičky viz. tab. 4.5.9.

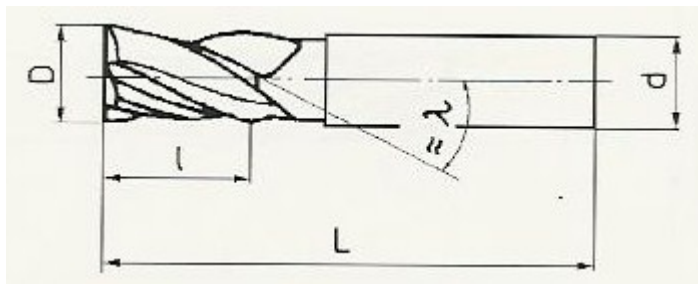
Tab. 4.5.9. Strojírenské parametry destičky MC 05-5-1.00 L07-F2 [16]

$f_{ot\ min}$	$f_{ot\ max}$	$a_{p\ max}$
min. posuv na otáčku [mm]	max. posuv na otáčku [mm]	max. hloubka řezu [mm]
0,025	0,1	5



### Popis nástroje (ISO 1641)

Pro frézování plochy viz. úseky 1.8 a 1.10, technologický postup tab. 4.4.1 byla navržena fréza ISO 1641 (válcová čelní krátká) viz. obr. 4.5.7 od společnosti M&V spol. s r.o. Šumperk.



Obr. 4.5.7. Fréza ISO 1641 [18]

Technické parametry frézy viz. tab. 4.5.10.

Tab. 4.5.10. Technické parametry frézy ISO 1641 [18]

D průměr nástroje [mm]	l délka pracovní části nástroje [mm]	$\lambda$ úhel sklonu ostří [°]	d průměr stopky [mm]	z počet břitů frézy
22	38	35	20	5

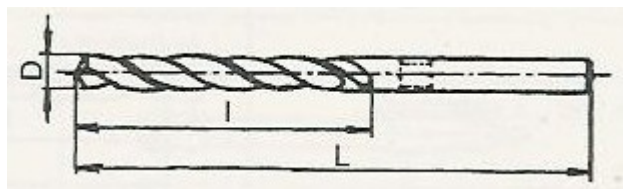
### Popis řezného materiálu (frézy ISO 1641)

Řezný materiál frézy je HSS Co8, vysoce výkonná ocel s dobrou houževnatostí a výbornou teplotní odolností. Oblast použití pro obrábění ocel (automatová, konstrukční, zušlechtěná, nástrojová nízkolegovaná a vysokolegovaná) [17].

Nástroj má doporučený posuv na zub frézy  $f_z = 0,063$  mm [18].

### Popis nástroje (ČSN 22 1121)

Pro předvrtání otvoru viz. úsek 1.11, technologický postup tab. 4.4.1 byl navržen šroubový vrták s válcovou stopkou ČSN 22 1121 viz. obr. 4.5.8.



Obr. 4.5.8. Šroubový vrták s válcovou stopkou [19]

Technické parametry šroubového vrtáku viz. tab. 4.5.11.

Tab. 4.5.11. Technické parametry šroubového vrtáku ČSN 22 1121 [21]

D průměr nástroje [mm]	l délka pracovní části nástroje [mm]	L celková délka nástroje [mm]
5	52	86

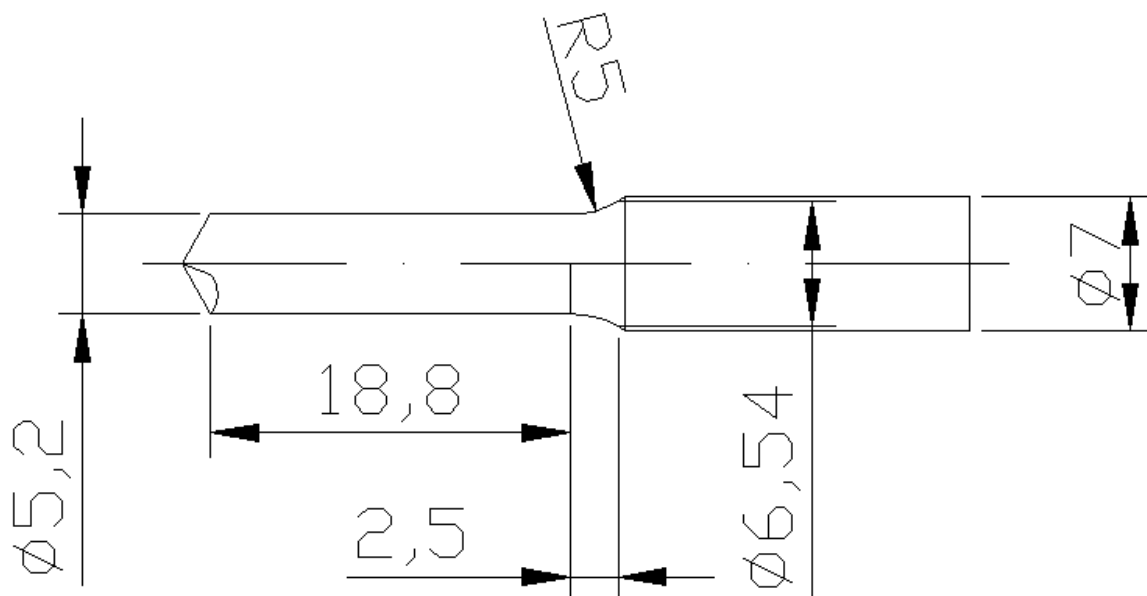
### Popis řezného materiálu (šroubového vrtáku ČSN 22 1121)

Řezný materiál vrtáku je HSS vysoce výkonná rychlořezná ocel. Tvrdost pracovní části musí být nejméně 62 HRC. K výkonné rychlořezné oceli pro nástroje patří např. ocel ČSN 19 802 [21] .

Nástroj má doporučený posuv na otáčku  $f_{ot} = 0,07$  [mm] [19].

### Popis speciálního vrtacího nástroje (T52)

Pro vrtání otvoru viz. úsek 1.12, technologický postup tab. 4.4.1 byl navržen speciální vrtací nástroj T52, který provede vrtání otvoru  $\varnothing 5,2$  mm a zaoblení R 2,5 mm při jedné operaci. Nástroj vyrobí firma ANAJ Czech s.r.o. Předpokládaný tvar nástroje viz. obr. 4.5.9.



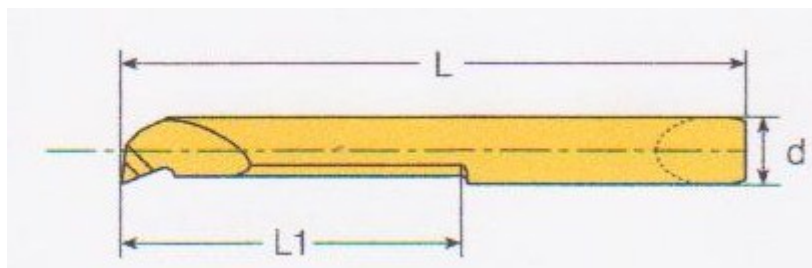
Obr. 4.5.9. Předpokládaný tvar speciálního vrtacího nástroje T52

### Popis řezného materiálu (speciálního vrtacího nástroje T52)

Řezný materiál nástroje je HSS, viz. popis řezného materiálu (šroubového vrtáku ČSN 22 1121). Nástroj má doporučený posuv na otáčku  $f_{ot} = 0,05 \div 0,1$  [mm].

### Popis nástroje (MC552BC R20 L16)

Pro hrubování vnitřního otvoru viz. úsek 1.14, technologický postup tab. 4.4.1 byl navržen soustružnický nůž MC552BC R20 L16 (mikronůž) viz. obr. 4.5.10 a držák MHC 20-6 od společnosti Alba precision, spol. s.r.o.



Obr. 4.5.10. Soustružnický nůž MC552BC R20 L16 [20]

Technické parametry nože viz. tab. 4.5.12.

Tab. 4.5.12. Technické parametry nože MC552BC R20 L16 [20]

d	L1	L
průměr nože [mm]	délka vyložení nože [mm]	celková délka nástroje [mm]
5	16	41

### Popis řezného materiálu ( nože MC552BC R20 L16)

Řezný materiál nože je tvrdokov VBX s povlakem TiCN. Oblast použití je pro obráběné materiály skupiny P, K, M [20] .

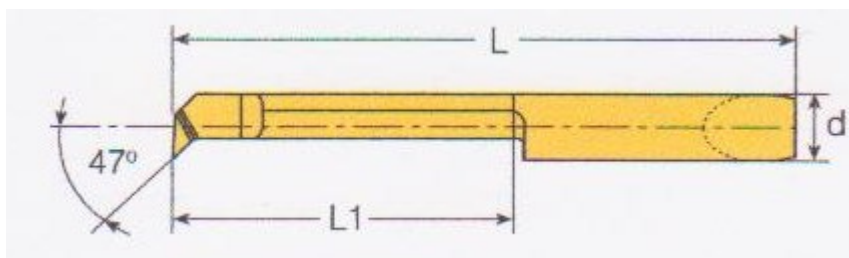
Strojírenské parametry materiálu VBX s povlakem TiCN viz. tab. 4.5.13.

Tab. 4.5.13. Strojírenské parametry VBX s povlakem TiCN [20]

$f_{ot}$ posuv na otáčku [mm]	$a_{p\ max}$ hloubka řezu [mm]
0,04	0,3

### Popis nástroje (MC552CL R20 L16)

Pro soustružení profilu na čisto viz. úsek 1.15, technologický postup tab. 4.4.1 byl navržen soustružnický nůž MC55CL R20 L16 (mikronůž) viz. obr. 4.5.11 a držák MHC 20-6 od společnosti Alba precision, spol. s.r.o.



Obr. 4.5.11. Soustružnický nůž MC55CL R20 L16 [20]

Technické parametry nože MC55CL R20 L16 stejné s MC552BC R20 L16 viz. tab. 4.5.12.

### Popis řezného materiálu ( nože MC55CL R20 L16)

Řezný materiál nože je tvrdokov VBX s povlakem TiCN, byl popsán u nože MC5522B R20 L16. Strojírenské parametry VBX s povlakem TiCN viz. tab. 4.5.13.

## 4.6 Řezné podmínky

V této kapitole se budu zabývat výpočtem a stanovení řezných podmínek (řezné rychlosti a posuvy), pro použité nástroje, které byly uvedeny v technologickém postupu viz tab. 4.4.1. Při výpočtech a stanoveních bylo vycházeno z hodnot (řezných rychlostí a posuvů) doporučených výrobcí a Strojnickými tabulkami.

### 4.6.1 Výpočet řezných rychlostí a stanovení posuvů dle Pramet Tools, s.r.o.

Výpočet řezné rychlosti  $v_c$ , dle [15]:

$$v_c = v_{15} \cdot k_{vx} \cdot k_{vt} \cdot k_{vHB} \quad [\text{m/min}] \quad (4.6.1.1)$$

$v_{15}$  .....tabulková řezná rychlost [m/min]

$k_{vx}$  .....korekční součinitel způsobu obrábění a stav stroje [-]

$k_{vt}$  .....korekční součinitel na trvanlivost břitu [-]

$k_{vHB}$  .....korekční součinitel na tvrdost obrobku [-]

#### Korekční součinitele

Přehled korekčních součinitelů pro stanovení řezné rychlosti je uveden v tabulkách viz. tab. 4.6.1.1 ÷ tab. 4.6.1.3.

Tab. 4.6.1.1. Korekční součinitel  $k_{vx}$  pro způsob obrábění a stav stroje [15]

Způsob obrábění a stav stroje	$k_{vx}$
Kůra výkovku a odlitku	0,70-0,80
Vnitřní soustružení	0,75-0,85
Přerušovaný řez	0,80-0,90
Dobrý stav stroje	1,05-1,20
Špatný stav stroje	0,85-0,95

Tab. 4.6.1.2. Korekční součinitel  $k_{vT}$  na trvanlivost bříty [15]

Trvanlivost bříty [min]	10	15	20	30	45	60
$k_{vT}$	1,1	1	0,93	0,84	0,76	0,71

Tab. 4.6.1.3. Korekční součinitel  $k_{vHB}$  na tvrdost obrobku [15]

Tvrdost HB	120	140	160	180	200	220	240	260	280
$k_{vHB}$	1,18	1,12	1,05	1	0,95	0,9	0,86	0,82	0,8

### Výpočet řezných rychlosti pro nástroj PCLNR 2525 M12

U nástroje s vyměnitelnou břitovou destičkou byly po konzultaci s technikem firmy Pramet Tools, s.r.o. Ing. Petrem Bosákem, zvoleny tabulkové řezné rychlosti a posuvy [15]:

soustružení na čisto úsek 1.3, technologický postup tab. 4.4.1,

$$v_{15} = 250 \text{ [m/min]},$$

$$\text{posuv na otáčku } f_{ot} = 0,2 \text{ [mm]},$$

soustružení na čisto úsek 1.4, technologický postup tab. 4.4.1,

$$v_{15} = 245 \text{ [m/min]},$$

$$\text{posuv na otáčku } f_{ot} = 0,2 \text{ [mm]},$$

soustružení na čisto úseky 1.2 a 1.5, technologický postup tab. 4.4.1,

$$v_{15} = 280 \text{ [m/min]},$$

$$\text{posuv na otáčku } f_{ot} = 0,15 \text{ [mm]}.$$

Z (Tab. 4.6.1.1) volím  $k_{vx} = 1,05$  dobrý stav stroje

Z (Tab. 4.6.1.2) volím  $k_{vT} = 1$  pro trvanlivost bříty 15 [min]

Protože norma ČSN EN 10277-3 neuvádí tvrdost materiálu, byla zvolena pro stanovení tvrdosti dle Brinela HB střední hodnota meze pevnosti  $R_m$  660 MPa. Tato hodnota neodpovídá dle přílohy č.2 přesné tvrdosti HB a proto byla tvrdost HB vypočítána interpolací. Výpočtem bylo zjištěno, že 660 MPa odpovídá 195 HB.

Stejně bylo vycházeno i u tabulky 4.4.1.3 kde není pro tvrdost 195 HB, hodnota  $k_{vHB}$ . Výpočtem bylo zjištěno, že 195 HB odpovídá  $k_{vHB} = 0,96$ . Tyto hodnoty součinitelů budou použity ve všech výpočtech pro soustružení dle firmy Pramet Tools, s.r.o.

Výpočet řezné rychlosti  $v_c$  dle vztahu (4.6.1.1):

$$v_c = v_{15} \cdot k_{vx} \cdot k_{vt} \cdot k_{vHB} = 250 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 0,96 = 252 \text{ [m/min]}$$

$$v_c = v_{15} \cdot k_{vx} \cdot k_{vt} \cdot k_{vHB} = 245 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 0,96 = 246,96 = 247 \text{ [m/min]}$$

$$v_c = v_{15} \cdot k_{vx} \cdot k_{vt} \cdot k_{vHB} = 280 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 0,96 = 282,24 = 282 \text{ [m/min]}$$

### **Výpočet řezné rychlosti pro nástroj GFIR 2525 M 02**

U nástroje s vyměnitelnou břitovou destičkou byla zvolena tabulková řezná rychlost a posuv [15]:

soustružení na čisto úseky 1.6 a 1.13, technologický postup tab. 4.4.1,

$$v_{15} = 165 \text{ [m/min]},$$

posuv na otáčku  $f_{ot} = 0,1 \text{ [mm]}$ .

Výpočet řezné rychlosti  $v_c$  dle vztahu (4.6.1.1):

$$v_c = v_{15} \cdot k_{vx} \cdot k_{vt} \cdot k_{vHB} = 165 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 0,96 = 166,32 = 166 \text{ [m/min]}$$

## **4.6.2 Stanovení řezné rychlosti a posuvu dle WNT Česká republika s.r.o**

### **Stanovení řezné rychlosti pro nástroj MC 05 R-2525M**

U nástroje s vyměnitelnou břitovou destičkou byla uvedena řezná rychlost a posuv [16]:

$$v_c = 130 \div 220 \text{ [m/min]},$$

posuv na otáčku  $f_{ot} = 0,025 \div 0,1 \text{ [mm]}$ .

Pro soustružení na čisto úsek 1.7, technologický postup tab. 4.4.1, byly zvoleny:

$$v_c = 175 \text{ [m/min]},$$

posuv na otáčku  $f_{ot} = 0,07 \text{ [mm]}$ .



### 4.6.3 Stanovení řezné rychlosti a posuvu dle M&V spol. s r.o.

#### Stanovení řezné rychlosti a posuvu pro nástroj ISO 1641

U nástroje z materiál HSS Co8 byla uvedena řezná rychlost a posuv [18]:

frézování na čisto úseky 1.8 a 1.10, technologický postup tab. 4.4.1,

$v_c = 39$  [m/min],

posuv na zub  $f_z = 0,063$  [mm].

### 4.6.4 Výpočet řezné rychlosti a stanovení posuvu dle Strojnických tabulek

Výpočet řezné rychlosti  $v_c$ , dle [19]:

$$v_c = v_T \cdot k_{v1} \cdot k_{v2} \cdot k_{p2} \quad [\text{m/min}] \quad (4.6.4.1)$$

$v_T$  .....tabulková řezná rychlost [m/min]

$k_{v1}$  .....opravný součinitel pro změněné podmínky práce [-]

$k_{v2}$  .....opravný součinitel pro materiály jiné obrobiteľnosti [-]

$k_{p2}$  .....opravný součinitel pro mez pevnosti materiálu [-]

#### Součinitele

Přehled opravných součinitelů pro stanovení řezné rychlosti je uveden v tabulkách viz. tab. 4.6.4.1 ÷ tab. 4.6.4.3.

Tab. 4.6.4.1. Opravný součinitel  $k_{v1}$  pro změněné podmínky práce [19]

Trvanlivost [min]	1/2T	T	2T	4T	6T
$k_{v1}$	1,15	1	0,87	0,76	0,7

Tab. 4.6.4.2. Opravný součinitel  $k_{v2}$  pro materiály jiné obrobiteľnosti [19]

Třída obrobiteľnosti	7b	8b	9b	10b	11b	12b	13b	14b	15b	16b
$k_{v2}$	0,29	0,35	0,42	0,50	0,60	0,70	0,84	1	1,15	1,44

Tab. 4.6.4.3. Opravný součinitel  $k_{p2}$  pro mez pevnosti materiálu [19]

$R_m$ [MPa]	450	600	750
$k_{p2}$	0,80	1	1,19

Hodnota opravného součinitele  $k_{p2} = 1,08$  pro  $R_m$  660 Mpa byla vypočítána interpolací.

#### Výpočet řezné rychlosti a stonovení posuvu pro nástroj ČSN 22 1121

U nástroje z materiálu HSS byla uvedena tabulková řezná rychlost a posuv [19]:

předvrtání úsek 1.11, technologický postup tab. 4.4.1,

$$v_T = 26,2 \text{ [m/min]},$$

posuv na otáčku  $f_{ot} = 0,07 \text{ [mm]}$ .

Výpočet skutečné řezné rychlosti  $v_c$  dle vztahu (4.6.4.1):

$$v_c = v_T \cdot k_{v1} \cdot k_{v2} \cdot k_{p2} = 26,2 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1,08 = 32,42 = 32 \text{ [m/min]}$$

#### 4.6.5 Stanovení řezné rychlosti dle ANAJ Czech s.r.o.

##### Stanovení řezné rychlosti a posuvu pro speciální vrtací nástroj T52

U nástroje z materiálu HSS byla po konzultaci s technikem společnosti panem Radovanem Čempelem navržena řezná rychlost a posuv:

$$v_c = 50 \text{ [m/min]},$$

posuv na otáčku  $f_{ot} = 0,05 \div 0,1 \text{ [mm]}$ .

Pro vrtání úsek 1.12, technologický postup tab. 4.4.1, byly zvoleny:

$$v_c = 50 \text{ [m/min]},$$

posuv na otáčku  $f_{ot} = 0,08 \text{ [mm]}$ .

#### **4.6.6 Výpočet řezné rychlosti a stanovení posuvu dle Alba precision, spol. s.r.o.**

Firma Alba precision, spol. s.r.o. udává pro danou tvrdost materiálu dle Brinella rozsah řezné rychlosti  $v_c$ . Protože u vypočítané tvrdosti materiálu není uveden žádný rozsah, byl rozsah vypočítám interpolací:

tvrdosti **195 HB** odpovídá  $v_c = 48 \div 68$  [m/min],

posuv na otáčku  $f_{ot} = 0,04$  [mm].

#### **Stanovení řezné rychlosti a posuvu nástroje MC552BC R20 L16**

Pro soustružení hrubování úsek 1.14, technologický postup tab. 4.4.1 byly zvoleny:

$v_c = 58$  [m/min],

posuv na otáčku  $f_{ot} = 0,04$  [mm].

#### **Stanovení řezné rychlosti a posuvu nástroje MC552CL R20 L16**

Pro soustružení na čisto úsek 1.15, technologický postup tab. 4.4.1 byly zvoleny:

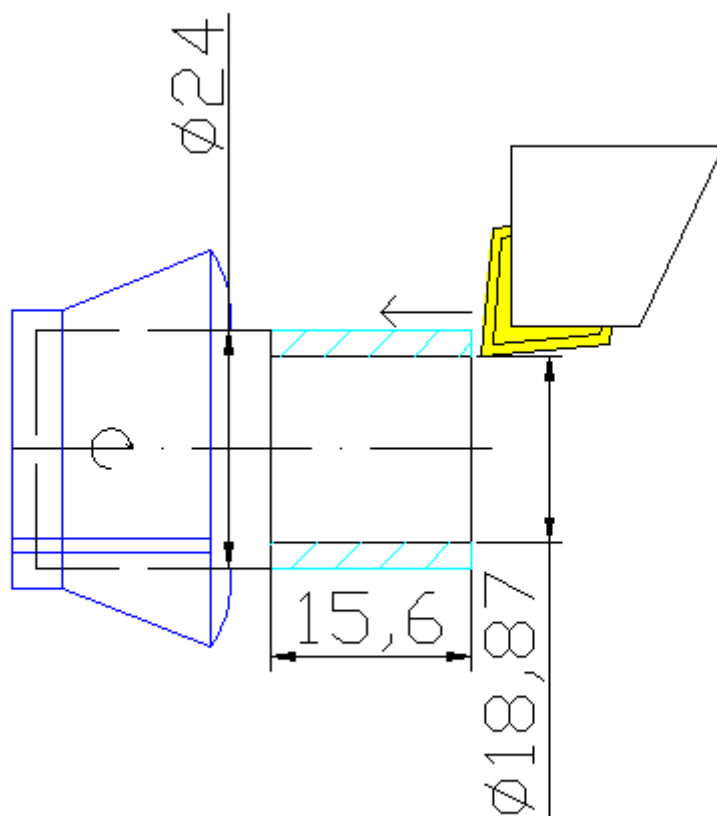
$v_c = 62$  [m/min],

posuv na otáčku  $f_{ot} = 0,04$  [mm].

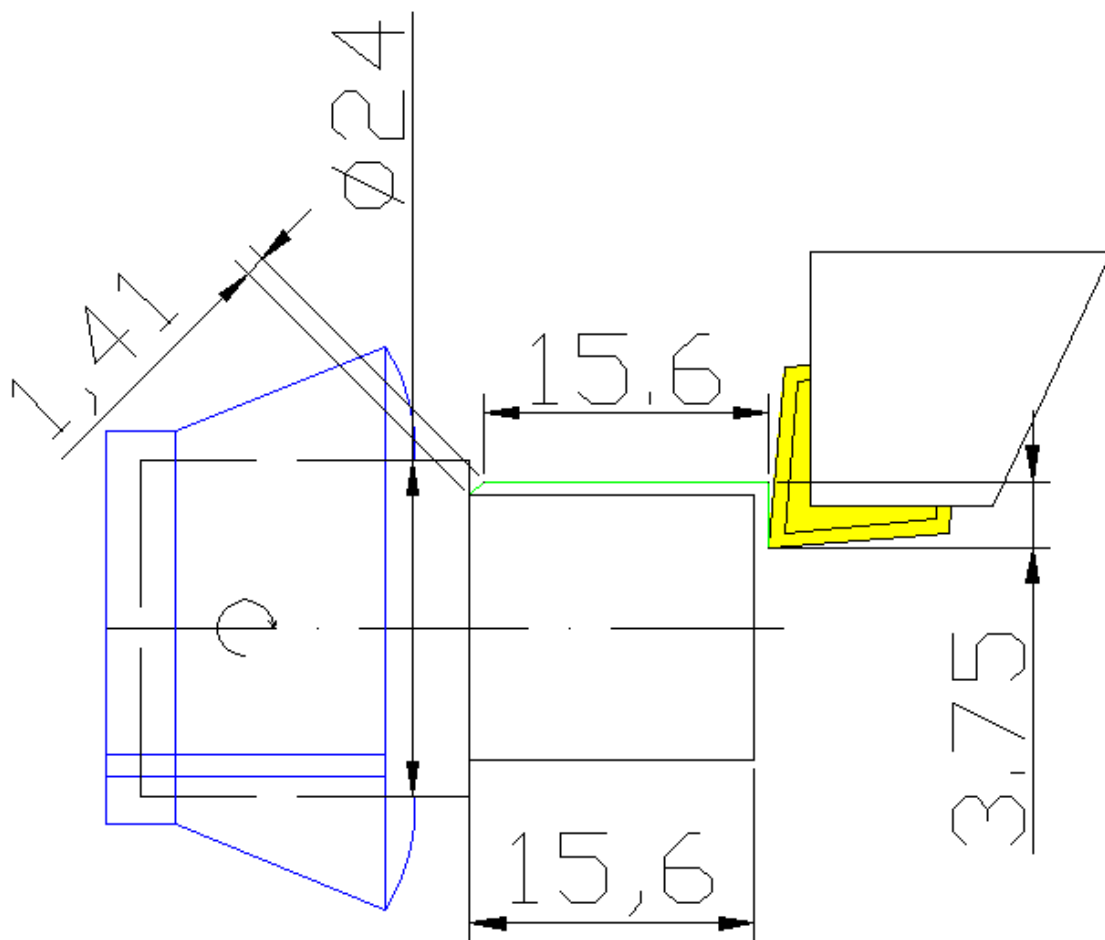
## 4.7 Výpočet jednotkového strojního času soustruhu

Jednotkový strojní čas soustruhu  $t_{ASSOU}$  je celkový čas potřebný pro výrobu jedné koncovky trubky. Tento čas je součtem časů: jednotkového strojního  $t_{As}$  při kterém nástroj odebírá třísku, jednotkového vedlejšího  $t_V$  při kterém nástroj jede do jiné polohy potřebné k obrábění nebo dochází k výměně nástroje [22].

Po konzultaci s obráběcím technikem firmy NET spol. s r.o. Romanem Schwanem byl určen čas  $t_{v2}$  potřebný k najetí a vyjetí nástroje do bodu výměny soustruhu a otočení nástroje v revolverové hlavě na 1 s. Celkový čas  $t_{ASSOU}$  byl vypočítán. Na obr. 4.7.1 je znázorněna výchozí poloha nástroje pro úběr třísky úsek 1.3, technologický postup tab. 4.4.1 a na obr. 4.7.2 zelenou barvou dráha, kterým se nástroj dostane do polohy potřebné k dalšímu úběru třísky úsek 1.4.



Obr. 4.7.1. Výchozí poloha nástroje pro úběr třísky úsek 1.3



Obr. 4.7.2. Dráha nástroje pro úběr třísky úsek 1.4

Výpočet jednotkového strojního času soustruhu  $t_{ASSOU1}$  úsek 1.3, poloha nástroje úseku 1.4:

$$t_{ASSOU1} = t_{As} + t_{V1} \quad [\text{min}] \quad (4.7.1)$$

$t_{As}$  .....jednotkový strojní čas [min]

$t_{V1}$  .....vedlejší strojní čas vyjetí do polohy pro úsek 1.4 [min]

$$t_{ASSOU1} = t_{As} + t_{V1} = 0,027 + 6,34 \cdot 10^{-4} = 0,028 [\text{min}]$$

Výpočet jednotkového strojního času  $t_{As}$  dle [23]:

$$t_{As} = \frac{L}{v_f} \quad [\text{min}] \quad (4.7.2)$$

$L$ .....dráha nástroje [mm]

$v_f$ .....rychlost posuvu [mm.min<sup>-1</sup>]

$$t_{As} = \frac{L}{v_f} = \frac{1+15,6+1,41}{668,4} = 0,027 [\text{min}]$$

Výpočet otáček obrobku  $n$  dle [23]:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D} \quad [\text{min}^{-1}] \quad (4.7.3)$$

$D$ .....průměr obráběné plochy [mm]

$\pi$ .....Ludolfovo číslo [-]

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 252}{\pi \cdot 24} = 3342,25 = 3342 [\text{min}^{-1}]$$

Výpočet rychlosti posuvu  $v_f$  dle [23]:

$$v_f = n \cdot f_{ot} \quad [\text{mm.min}^{-1}] \quad (4.7.4)$$

$f_{ot}$ .....posuv na otáčku [mm]

$$v_f = n \cdot f_{ot} = 3342 \cdot 0,2 = 668,4 [\text{mm.min}^{-1}]$$

Výpočet jednotkového vedlejšího strojního času  $t_{V1}$  vyjetí do polohy pro úsek 1.4:

$$t_{V1} = \frac{L}{v_1} \quad [\text{min}] \quad (4.7.5)$$

$v_1$ .....rychlost rychloposuvu soustruhu TL 15HE [mm/min]

$$t_{V1} = \frac{L}{v_1} = \frac{19,35}{39500} = 6,34 \cdot 10^{-4} [\text{min}]$$

Výpočtem byl zjištěn celkový jednotkový strojní čas soustruhu pro výrobu jedné koncovky trubky  $t_{ASSOU} = 114,65 [\text{s}] = 1,91 [\text{min}]$ .

## 5 Technicko ekonomické hodnocení

V této kapitole se budu zabývat ekonomickými výpočty: stanovení ceny koncovky trubky, množství pracovních směn a vyhodnocení celkových nákladů na výrobu.

### 5.1 Výpočet celkových nákladů pro výrobu koncovky trubky

Výpočet délky polotovaru  $L_p$  dle [22]:

$$L_p = p_l + l_s + l_u \quad [\text{mm}] \quad (5.1.1)$$

$p_l$  .....přídavek na čelo [mm]

$l_s$  .....délka součásti [mm]

$l_u$  .....přídavek na upíchnutí [mm]

$$L_p = p_l + l_s + l_u = 1 + 19,3 + 2 = 22,3 \text{ [mm]}$$

Výpočet počtu kusů  $n_k$  z jedné tyče dle [22]:

$$n_k = \frac{L_t - l_k}{L_p} \quad [\text{ks}] \quad (5.1.2)$$

$L_t$  .....délka tyče [mm]

$l_k$  .....přídavek na upnutí [mm]

$$n_k = \frac{L_t - l_k}{L_p} = \frac{3000 - 100}{22,3} = 130,04 = 130 \text{ [ks]}$$

Výpočet celkového počtu tyčí  $n_t$  dle [22]:

$$n_t = \frac{i_1}{n_k} \quad [-] \quad (5.1.3)$$

$i_1$  .....počet kusů v dávce [ks]

$$n_t = \frac{i_1}{n_k} = \frac{25000}{130} = 192,30 = 193$$

Výpočet hmotnosti jednoho polotovaru  $m$  dle [22]:

$$m = \frac{L_t \cdot m_t}{n_k} \quad [\text{kg/ks}] \quad (5.1.4)$$

$m_t$  .....hmotnost tyče [kg/m]

$$m = \frac{L_t \cdot m_t}{n_k} = \frac{3 \cdot 3,55}{130} = 0,082 \text{ [kg/ks]}$$

Výpočet celkové hmotnosti tyčí  $m_c$  dle [22]:

$$m_c = n_t \cdot m_t \cdot L_t \quad [\text{t}] \quad (5.1.5)$$

$$m_c = n_t \cdot m_t \cdot L_t = 193 \cdot 3,55 \cdot 3 = 2055,45 \text{ [kg]} = 2,06[\text{t}]$$

**Výpočet materiálových nákladů  $N_M$  dle [22]:**

$$N_M = m \cdot c_t \quad [\text{Kč/ks}] \quad (5.1.6)$$

$c_t$  .....cena 1 m tyče [Kč/kg]

$$N_M = m \cdot c_t = 0,082 \cdot 23,90 = 1,96 \text{ [Kč/ks]}$$



**Výpočet výrobních nákladů  $N_V$  dle [22]:**

$$N_V = \frac{S_{SOU}}{n_{SOU}} \quad [\text{Kč/ks}] \quad (5.1.7)$$

$S_{SOU}$  .....sazba soustruhu TL 15HE [Kč/hod]

$n_{SOU}$  .....počet vyrobených kusů na soustruhu [ks/hod]

$$N_V = \frac{S_{SOU}}{n_{SOU}} = \frac{600}{31} = 19,35 \text{ [Kč/ks]}$$

**Výpočet počtu vyrobených kusů na soustruhu  $n_{SOU}$  dle [22]:**

$$n_{SOU} = \frac{1}{t_{ASSOU}} \quad [\text{ks/hod}] \quad (5.1.8)$$

$t_{ASSOU}$  .....jednotkový strojní čas soustruhu [min]

$$n_{SOU} = \frac{1}{t_{ASSOU}} = \frac{1}{\frac{1,91}{60}} = \frac{60}{1,91} = 31,43 = 31 \text{ [ks/hod]}$$

**Výpočet celkových nákladů  $N_c$  na výrobu dle [22]:**

$$N_c = N_M + N_V \quad [\text{Kč/ks}] \quad (5.1.9)$$

$N_M$  .....materiálové náklady [Kč/ks]

$N_V$  .....výrobní náklady [Kč/ks]

$$N_c = N_M + N_V = 1,96 + 19,35 = 21,31 \text{ [Kč/ks]}$$

**Výpočet celkových nákladů na výrobní dávku  $N_{cd}$  dle [22]:**

$$N_{cd} = N_c \cdot i_1 \quad [\text{Kč}] \quad (5.1.10)$$

$$N_{cd} = N_c \cdot i_1 = 21,31 \cdot 25000 = 532750 [\text{Kč}]$$

**Výpočet celkových nákladů na roční výrobu  $N_{cr}$  dle [22]:**

$$N_{cr} = N_{cd} \cdot i_d \quad [\text{Kč}] \quad (5.1.11)$$

$i_d$  .....počet dávek v roce [-]

$$N_{cr} = N_{cd} \cdot i_d = 532750 \cdot 4 = 2131000 [\text{Kč}]$$

## 5.2 Výpočet směn pro výrobu koncovky trubky

Výpočet pracovních dnů soustruhu  $E_{SOU}$  dle [22]:

$$E_{SOU} = E_{Pr} - E_{Ud} \quad [-] \quad (5.2.1)$$

$E_{Pr}$ .....počet pracovních dnů od 1.7.2012 do 1.7.2013 [-]

$E_{Ud}$ .....počet dnů údržby soustruhu TL 15HE [-]

$$E_{SOU} = E_{Pr} - E_{Ud} = 252 - 20 = 232$$

Výpočet počtu vyrobených kusů na soustruhu  $n_{SOUS}$  za směnu dle [22]:

$$n_{SOUS} = H_S \cdot n_{SOU} \quad [ks] \quad (5.2.2)$$

$H_S$ .....počet pracovních hodin za směnu [hod]

$$n_{SOUS} = H_S \cdot n_{SOU} = 7 \cdot 31 = 217 [ks]$$

Výpočet pracovních směn  $S$  dle [22]:

$$S = \frac{i_1}{n_{SOUS}} \quad [-] \quad (5.2.3)$$

$$S = \frac{i_1}{n_{SOUS}} = \frac{25000}{217} = 115,2 = 116$$

Výpočet pracovních dnů soustruhu  $E_{SOUd}$  na výrobní dávku dle [22]:

$$E_{SOUd} = \frac{S}{S_2} \quad [-] \quad (5.2.4)$$

$S_2$ .....dvousměnný provoz [-]

$$E_{SOUd} = \frac{S}{S_2} = \frac{116}{2} = 58$$

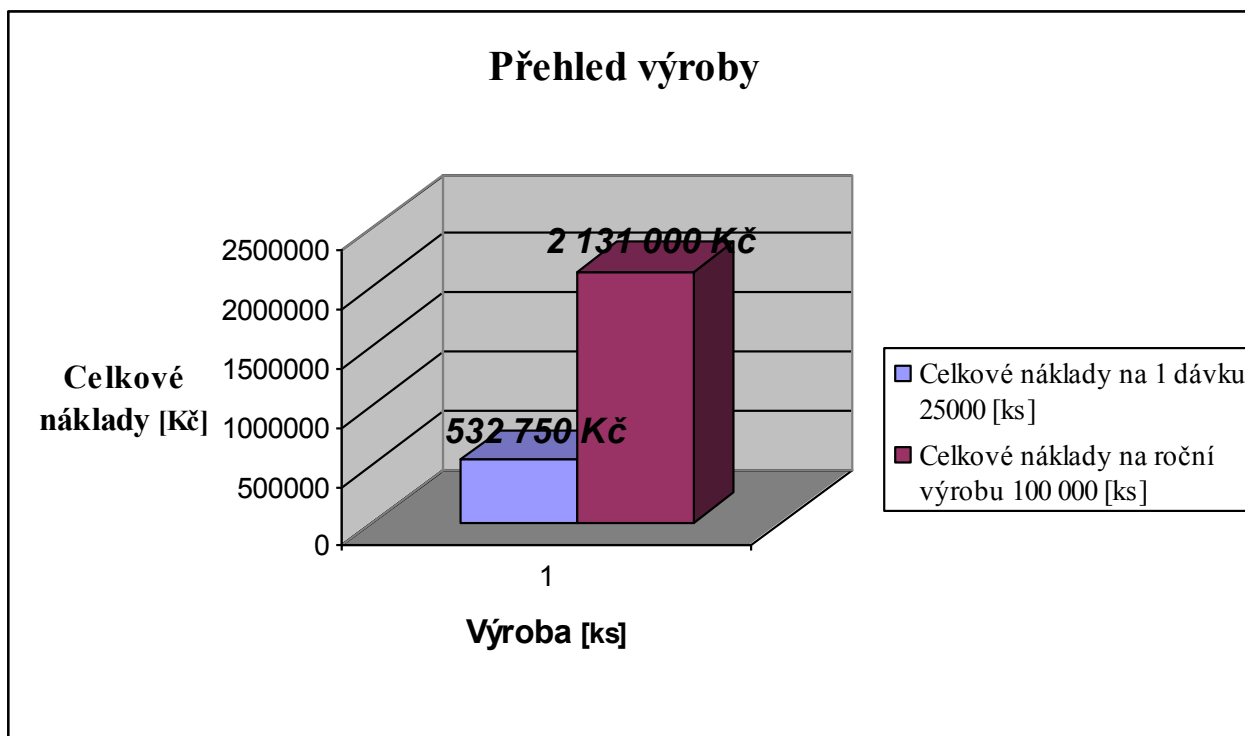
**Výpočet pracovních dnů soustruhu  $E_{SOUr}$  na roční výrobu dle [22]:**

$$E_{SOUr} = E_{SOUd} \cdot i_d \quad [-] \quad (5.2.5)$$

$$E_{SOUr} = E_{SOUd} \cdot i_d = 58 \cdot 4 = 232$$

### 5.3 Vyhodnocení celkových nákladů na výrobu

Firma bude vyrábět 100 000 kusů koncovek za rok ve 4 dávkách v dvousměnném provozu 16 hod/den. Jedna dávka obsahuje 25 000 kusů a bude vyrobena za období 3 měsíců. Vyhodnocení celkových nákladů na koncovku trubky viz. obr. 5.2.1.



Obr. 5.2.1. Vyhodnocení celkových nákladů výroby koncovky

## 6 Závěr

Firma NET, spol. s r.o. se rozhodla vyrábět větší sortiment výrobků technologií obrábění, nakoupila na tuto technologii CNC soustruhu TL 15HE s podavačem tyčí Boss, TL 15HE s podavačem tyčí Maxis od firmy Haas Automation, Inc. Cílem diplomové práce bylo navrhnout kompletní výrobu koncovky trubky a vytvořit technologický postup (výběr stroje, navržení nových nástrojů, stanovení a výpočet řezných podmínek). Dle technologického postupu byly vypočítány: jednotkový strojní čas soustruhu  $t_{ASSOU}$  celkový čas potřebný pro výrobu jedné koncovky trubky a celkové náklady na výrobu jedné koncovky, dávky a roční výroby.

K vyřešení tohoto úkolu byl navržen technologický postup viz. tab. 4.4.1 pro materiál 11SMn30+C, rozměr polotovaru  $\varnothing 24 \times 11$  a celkovou výrobu 100 000 ks/rok. Při výrobě koncovky bude polotovar upnut do kleštiny za  $\varnothing 24$  mm a obráběn operacemi: soustružení viz. úseky 1.2 ÷ 1.7, 1.13 nože PCLNR 2525 M12, GFIR 2525 M 02, MC 05 R-2525M, frézování viz. úseky 1.8, 1.10 fréza ISO 1641, vrtání viz. úseky 1.11, 1.12 vrták ČSN 22 1121 a speciálně vytvořený vrtací nástroj T52. Během úseku 1.13 (upichování), protivřetenem převezme koncovku a upne do sklíčidla za  $\varnothing 11,37$  mm, následuje soustružení vnitřního otvoru viz. úseky 1.12, 1.13 noži MC552BC R20 L16R, MC552CL R20 L16R. Celá výroba bude provedena na CNC soustruhu TL 15HE s podavačem tyčí Boss. Aby technologie výroby byla co nejpřesnější byly hodnoty (tvrdost materiálu, korekční součinitel na tvrdost obrobku  $k_{vHB}$ , opravný součinitel pro materiály jiné obrobitelnosti  $k_{p2}$  a rozsah řezné rychlosti  $v_c$  pro soustružnické nože MC552BC R20 L16, MC552CL R20 L16) vypočítány interpolací.

Z výše vypočteného základního ekonomického ukazatele vyplývá, že celkové náklady na výrobu jedné koncovky jsou **21,31 Kč/ks**, na výrobu jedné dávky **25 000 kusů 532 750 Kč** a na roční výrobu **100 000 kusů 2 131 000 Kč**. Výroba bude provedena ve 4 dávkách v dvousměnném provozu 16 hod/den. Jedna dávka obsahuje 25 000 kusů a bude vyrobena za období 3 měsíců. V diplomové práci nebyla provedena optimalizace řezných podmínek, která by vedla k nižším celkovým nákladům na výrobu.

Na základě ceny koncovky **21,31 Kč/ks** firma NET, spol. s r.o. vstoupí do výběrového řízení a pokud uspěje, bude koncovka vyráběna podle navržené technologie.

### **Poděkování**

Děkuji doc. Ing. Robertovi Čepovi, Ph.D. z katedry obrábění a montáže VŠB-TU Ostrava za odborné rady a konzultace, kterými přispěl k vypracování této diplomové práce. Dále děkuji panu Ing. Petrovi Bosákovi ze společnosti Pramet Tools, s.r.o. za odborné informace při stanovení nástrojů a řezných podmínek a firmě NET, spol. s r.o. za poskytnuté informace a konzultace, konkrétně panu Ing. Eduardu Chytkovi.

## 7 Použitá literatura

- [1] NET, spol. s r.o. Staré Město. *Propagační materiál*. 2002. 13 s.
- [2] *KVALITA PROVĚŘENÁ ČASEM QUALITY THROUGH THE AGRES* [online]. [citováno 2012-9-1]. Dostupný z WWW: <[www.trz.cz/TRZ/Prilohy.nsf/\(viewPublic\)/.../AutomatoveOceli.pdf](http://www.trz.cz/TRZ/Prilohy.nsf/(viewPublic)/.../AutomatoveOceli.pdf)>.
- [3] KŘÍŽ, Rudolf; TRČKA, Josef. *TABULKY MATERIÁLŮ PRO STROJÍRENSTVÍ I. kovové materiály – železné kovy*. Ostrava: MONTANEX a.s., 1999. 349 s. ISBN 80-85780-92-5.
- [4] MOHYLA, Miroslav. *Strojírenské materiály I*. Dotisk 2. vyd. Ostrava: ESB VŠB – TU, 2006. 146 s. ISBN 80-248-0270-8.
- [5] ČSN EN 10277-3. *Lesklé ocelové výrobky - Technické dodací podmínky - Část 3: Oceli automatové*. 2008.
- [6] *Co jsou to CNC stroje a nc program* [online]. [cit. 12.ledna 2012]. Dostupný z WWW: <[www.strojnet.cz/clanky/obrabeci-stroje-cnc.php](http://www.strojnet.cz/clanky/obrabeci-stroje-cnc.php)>.
- [7] *Základy programování a obsluha CNC strojů* [online]. [cit. 12.ledna 2012]. Dostupný z WWW: <[www2.sps-jia.cz/~hill/zakl\\_progr.pdf](http://www2.sps-jia.cz/~hill/zakl_progr.pdf)>.
- [8] BRÁZDA, J. *Technologie výroby obráběním na CNC strojích: diplomová práce*. Brno: VUT – Fakulta strojní, 2011. 65 s.
- [9] *Teximp* [online]. [cit. 13. ledna 2012]. Dostupný z WWW: <<http://www.teximp.cz/>>.
- [10] ČEP, Robert. *Zkoušky nástrojů z řezné keramiky v podmínkách přerušovaného řezu: doktorská disertace*. Ostrava: VŠB – TUO Fakulta strojní, 2005. 101 s.
- [11] *Prášková metalurgie a její využití. MM průmyslové spektrum* [online]. Listopad 2002: [cit. 13. ledna 2012]. Dostupný z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/prasova-metalurgie-a-jeji-vyuziti>>.
- [12] *PRÁŠKOVÁ METALURGIE* [online]. [cit. 13. ledna 2012]. Dostupný z WWW: <[http://www.ateam.zcu.cz/praskova\\_metalurgie.pdf](http://www.ateam.zcu.cz/praskova_metalurgie.pdf)>.
- [13] *Pramet Tools, s.r.o.* [online]. [cit. 13. ledna 2012]. Dostupný z WWW: <<http://www.pramet.com/index1b6html?menu=down1>>.
- [14] MRKVICA, Ivan. *Návody ke cvičení z obráběcích strojů I. část. 2. vyd.* Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2006. 148 s. ISBN 80-248-1053-0.
- [15] *Pramet Tools, s.r.o. Šumperk. SOUSTRUŽENÍ/SÚSTRUŽENIE*. 2012. 324 s.



- [16] WNT Česká republika s.r.o. Velké Meziříčí. *Nástroje na zapichování a upichování WNT*. 2011. 115 s.
- [17] *Katalog fréz > Frézy válcové čelní > Fréza válcová čelní - krátká, ZPS - FRÉZOVACÍ NÁSTROJE a.s. Zlín* [online]. [cit. 26. ledna 2012]. Dostupný z WWW: <http://www.zps-fn.cz/katalog-frez/frezy-valcove-celni/freza-valcova-celni-kratka-1/>.
- [18] M&V spol. s r.o. Šumperk. *nástrojefrézování*. 2011. 144 s.
- [19] LEINVEBER, Jan; VÁVRA, Pavel. *STROJNICKÉ TABULKY*. Praha: ALBRA - pedagogické nakladatelství, 2003. 865 s. ISBN 80-86490-74-2.
- [20] Alba precision, spol. s.r.o. Brno. *Technologie im Blickpunkt*. 2011. 15 s.
- [21] ČSN 22 1121. *ŠROUBOVITÉ VRTÁKY S VÁLCOVOU STOPKOU STŘEDNÍ ŘADA*. 1988.
- [22] NET, spol. s r.o. Staré Město. *Technická a ekonomická databáze strojů*. 1998. 60 s.
- [23] BRYCHTA J.; ČEP R.; NOVÁKOVÁ J.; PETŘKOVSKÁ L. *TECHNOLOGIE II 2.díl*. Ostrava: Ediční středisko VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2008, s. 142. ISBN 978-80-248-1822-1.

## **8 Seznam příloh**

Příloha č. 1: KONCOVKA TRUBKY, číslo výkresu A4-035-001.

Příloha č. 2: PŘEVODNÍ TABULKA TVRDOSTÍ.